COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AVRIL 1888.

PRÉSIDENCE DE M. JANSSEN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la précision d'un système de mesures;* par M. J. Bertrand.

« Lorsque la difficulté d'un problème n'en permet pas la solution rigoureuse, on doit s'imposer, comme condition nécessaire, l'appréciation certaine des limites de l'erreur commise.

» On s'affranchit souvent de cette condition; rien ne marquant alors la limite de la tolérance, on peut la reculer indéfiniment. A toute objection, la réponse devient facile : la théorie n'a pas été proposée comme exacte; de quoi le lecteur peut-il se plaindre?

» Gauss, dans ses études sur la combinaison des observations, a exprimé

par des formules précises des appréciations simplement plausibles et proposées comme telles; on a transformé en théorèmes devenus classiques des conditions très légèrement motivées.

» Je veux parler surtout de l'appréciation de la précision d'un système d'observations, dont le poids, inconnu *a priori*, est le même pour toutes. On peut présenter sur cette règle et sur la démonstration qu'on en donne des observations utiles.

» La méthode des moindres carrés prescrit de rendre minima la somme des carrés des différences entre les grandeurs observées et les fonctions des inconnues dont elles devraient, d'après les conditions du problème, représenter la valeur exacte.

» La valeur de cette somme, divisée par l'excès du nombre des équations sur celui des inconnues, sert de mesure à la précision des mesures.

» La démonstration se compose de deux parties.

» La somme des carrés qui sert de numérateur à la fraction peut s'exprimer par une fonction homogène du second degré de toutes les erreurs réellement commises.

» La valeur exacte de cette fonction étant rigoureusement connue, en l'égalant à sa valeur probable, on obtiendra une équation vraisemblable qui est l'expression du théorème universellement adopté.

» L'égalité acceptée n'est nullement certaine. Le rapport des quantités ainsi égalées peut varier, sans qu'on s'en étonne, entre des limites très écartées; en le déclarant explicitement, on se met à l'abri de tout reproche.

» *Valor verus ipsius* M, dit Gauss, *prout fors errores obtulit, major minorve medio fieri potest.*

» On égale cependant la valeur de M à cette valeur moyenne que le hasard peut rendre plus petite ou plus grande. On peut, en acceptant le principe, en déduire pour l'expression de la précision des valeurs très différentes, on peut même dire contradictoires; deux valeurs approchées de la même grandeur peuvent être inégales, mais leur différence doit avoir une limite.

» Si l'on a formé, entre n inconnues, $n+p$ équations qui les rattachent à $n+p$ grandeurs directement mesurées, l'élimination des inconnues fournira entre les grandeurs mesurées l_1, l_2, ..., l_{n+p}, ... p équations de condition. On déduira de ces équations, entre les erreurs commises, p relations linéaires qui les rattachent aux valeurs véritables des fonctions que

des mesures irréprochables auraient rendues égales à zéro. Si l'on a ainsi

$$
(1)\quad \begin{cases} P_1\, e_1 + P_2\, e_2 + \ldots + P_{n+p}\, e_{n+p} = \alpha_1, \\ Q_1 e_1 + Q_2 e_2 + \ldots + Q_{n+p} e_{n+p} = \alpha_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ S_1\, e_1 + S_2\, e_2 + \ldots + S_{n+p}\, e_{n+p} = \alpha_p, \end{cases}
$$

toute fonction homogène du second degré de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p$ est, par cela même, une fonction des erreurs véritablement commises, et la valeur numérique de cette fonction est donnée par les observations.

» Les équations déduites ainsi du système (1) sont en nombre infini; en égalant la valeur vraie de la fonction à sa valeur probable, on aura une équation aussi *plausible* précisément que celle de Gauss et démontrée par le même principe. La valeur probable du carré d'une erreur e_1^2 étant désignée par m^2, la même pour toutes les mesures, et celle d'un produit tel que $e_1 e_2$ étant nulle, on obtiendra, pour déterminer m^2, une relation de la forme

$$m^2 G = L,$$

dans laquelle L et G contiendront $\frac{p(p+1)}{2}$ constantes arbitraires et dont le théorème de Gauss est un cas particulier.

» Un tel résultat accuse clairement l'indétermination du problème. On pourra, en disposant des constantes, trouver, pour m^2, à volonté, une valeur infinie ou une valeur nulle.

» Supposons, pour donner un exemple, que d'une même station on ait visé quatre points A_1, A_2, A_3, A_4 et mesuré les angles formés par les directions extrêmes OA_1, OA_4 avec les trois autres. En nommant x l'angle total A_1OA_4 et y et z ceux dont il est la somme, on aura

$$x = l_1, \qquad y = l_2, \qquad z = l_3, \qquad z - x = l_4, \qquad z - y = l_5.$$

» Les relations nécessaires sont

$$l_4 + l_1 - l_3 = 0,$$
$$l_5 + l_2 - l_3 = 0.$$

» Ces différences ne seront pas nulles; en les nommant α_1 et α_2, la mé-

thode des moindres carrés assigne aux grandeurs mesurées les valeurs

$$l_1 - \tfrac{3}{8}\alpha_1 + \tfrac{1}{8}\alpha_2,$$
$$l_2 + \tfrac{1}{8}\alpha_1 - \tfrac{3}{8}\alpha_2,$$
$$l_3 + \tfrac{1}{4}\alpha_1 + \tfrac{1}{4}\alpha_2,$$
$$l_4 - \tfrac{3}{8}\alpha_1 + \tfrac{1}{8}\alpha_2,$$
$$l_5 + \tfrac{1}{8}\alpha_1 - \tfrac{3}{8}\alpha_2;$$

la somme

$$\mu_1\alpha_1^2 + \mu_2\alpha_2^2 + \mu_3\alpha_1\alpha_2$$

a pour valeur probable, en nommant m^2 la valeur moyenne inconnue du carré de l'erreur à craindre,

$$(3\mu_1 + 3\mu_2 + \mu_3)m^2.$$

» En égalant cette valeur probable à la valeur vraie qui est connue, on trouve

$$m^2 = \frac{\mu_1\alpha_1^2 + \mu_2\alpha_2^2 + \mu_3\alpha_1\alpha_2}{3\mu_1 + 3\mu_2 + \mu_3},$$

valeur entièrement arbitraire, qui peut être nulle ou infinie, selon le choix, fait pour μ_1, μ_2, μ_3.

» En choisissant

$$\mu_1 = 3, \qquad \mu_2 = 3, \qquad \mu_3 = -2,$$

on obtient la formule classique, et la précision est exprimée par

$$m^2 = \frac{3\alpha_1^2 + 3\alpha_2^2 - 2\alpha_1\alpha_2}{16}.$$

» Rien ne donne à cette expression une plus grande chance d'exactitude qu'à toute autre, résultant d'un choix arbitraire des facteurs.

» La recherche, dans chaque cas, du choix le plus avantageux de μ_1, μ_2, μ_3 est un problème facile. La solution est très différente, en général, de la règle universellement acceptée. »

ASTRONOMIE. — *Influence de la pesanteur sur les coordonnées mesurées à l'aide des équatoriaux. Formules générales de réduction ;* par MM. **Lœwy** et **P. Puiseux.**

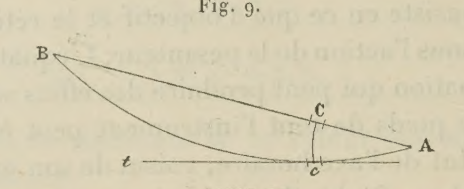
» Un second genre de flexion qui altère les mesures dans les équatoriaux ordinaires consiste en ce que l'objectif et le réticule s'abaissent de quantités inégales sous l'action de la pesanteur. L'équatorial coudé est sujet à une autre déformation qui peut produire des effets sensibles. La lunette étant équilibrée, le poids de tout l'instrument peut être regardé comme appliqué en un point de l'axe horaire, voisin de son extrémité inférieure. L'axe horaire doit donc fléchir dans un plan vertical et entraîner avec lui le système formé par le bras de l'instrument et les deux miroirs. Pour bien faire saisir la nature de ce déplacement, supposons l'axe horaire horizontal. Pendant la rotation, il est évident que le cube central, qui porte le petit miroir, éprouvera, sous l'action de la pesanteur, un faible déplacement vertical. L'effet analogue qui se produit dans les instruments méridiens est sans influence sur les observations, parce que l'objectif et l'oculaire sont entraînés dans le même mouvement de translation. Ici, au contraire, le bras portant les deux miroirs se trouve entraîné avec le cube, tandis que le réticule reste immobile. La flexion du cube provoque donc un déplacement de l'image, et la direction de ce déplacement, rapportée à celle du mouvement diurne, change avec la position de la lunette.

» Dans les équatoriaux coudés bien construits, tel que le grand instrument destiné à l'observatoire de Paris, la grandeur de ce déplacement ne paraît pas devoir surpasser quelques secondes d'arc. Le cube, en effet, est construit dans des conditions de solidité remarquables, et son attache se trouve située près du pivot inférieur de l'instrument. Dans l'équatorial dont nous nous sommes servis, pour des raisons que nous avons déjà indiquées ailleurs, la partie mécanique est trop faible, et le mode d'attache du petit miroir au cube peut donner lieu à quelques critiques. On doit donc s'attendre à trouver pour cette flexion une valeur sensible.

» Nous supposerons, ce qui a lieu en réalité, que le système formé par le bras de l'instrument et les deux miroirs est lié à une partie déterminée de l'axe horaire et l'accompagne dans son mouvement lorsqu'il fléchit. On est en droit de considérer le déplacement de ce système comme identique

en grandeur et direction à celui d'un certain élément linéaire très petit pris sur l'axe horaire. Comme nous avons déjà étudié à part la flexion propre au bras, nous devrons admettre que le changement de direction qu'il éprouve est précisément égal à celui qui se produit à son point de liaison avec l'axe horaire. Si l'axe horaire était d'une rigidité absolue, on pourrait l'assimiler à une ligne droite AB (*fig.* 9), déterminée en direction

Fig. 9.



par le centre du pivot inférieur et par celui du collier qui porte l'instrument, près de l'oculaire. En réalité, l'axe horaire fléchit sous l'action de la pesanteur dans l'intervalle des deux points fixes A et B. La lunette étant équilibrée, le point C où le bras vient se relier à l'axe horaire supporte en entier le poids de la partie mobile de l'instrument, composée du bras et de son contre-poids, et une partie du poids de la portion fixe. L'axe prendra une certaine courbure A*c*B, en désignant par *c* la nouvelle position du point C. Cette courbe sera située dans un plan vertical, et sa forme aussi bien que sa position seront indépendantes de la position de la lunette, si l'on néglige les termes de flexion d'ordre supérieur.

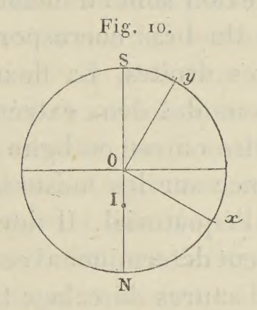
» Le point d'insertion du bras dans tous les équatoriaux en construction est voisin du pivot inférieur. Il n'arrivera donc pas en général que le point C réponde à la plus grande flèche de la courbe. La tangente *ct* ne sera donc pas parallèle à la ligne AB. Quand on déplacera la lunette en angle horaire, la rotation de l'instrument s'effectuera, en réalité, autour de la tangente *ct*, qui se trouve substituée à l'axe primitif AB. Un premier effet de la flexion de l'axe horaire sera donc d'accroître la constante λ, d'un angle égal à celui que forment les directions AB, *ct*. Comme cet angle est invariable, il n'en résulte pas de changements dans les formules. On devra seulement regarder la valeur de λ déduite des observations comme relative non pas à l'axe horaire idéal, défini par les deux points fixes A et B, mais à la droite *ct* qui est devenue l'axe horaire réel, par suite, de la flexion.

» Un autre effet que ce genre de flexion provoque consiste dans le déplacement qu'éprouve l'image du rayon entré dans la lunette suivant

l'axe du bras. Si l'instrument était parfaitement réglé et la flexion nulle, ce rayon serait renvoyé suivant la direction CB. Supposons maintenant que la flexion se produise. L'axe du bras, les deux miroirs et la portion de l'axe horaire voisine du point C gardant leurs positions relatives, il est clair que la direction du rayon réfléchi sera celle de la tangente *ct*. L'image éprouvera, dans le champ, un déplacement linéaire indépendant de la position de la lunette et toujours situé dans un plan vertical. Pour trouver le changement qui en résulte dans les coordonnées observées des étoiles, représentons par un cercle le champ de la lunette. Soient :

» 1° O le centre du champ, tel qu'il a été défini; 2° SN une parallèle au méridien, et menée par le centre du champ. C'est parallèlement à cette direction vers la partie inférieure du champ que la flexion déplacera l'image; 3° Ox, Oy les axes menés par le point O et définis précédemment;

Fig. 10.



4° I (*fig.* 10) l'image du rayon qui viendrait faire son image en O s'il n'y avait pas de flexion. Le déplacement OI aura une valeur angulaire μ indépendante de la position de la lunette; 5° enfin H l'angle horaire du bras, h l'angle horaire du point visé par l'instrument. On aura $\mathrm{SO}y = \mathrm{H}$,

$$\mathrm{H} = h + 90^\circ \text{ position directe,} \qquad \mathrm{H} = h - 90^\circ \text{ position inverse.}$$

» Les coordonnées du point I suivant les axes Ox, Oy seront respectivement $\mu \sin \mathrm{H}$ et $-\mu \cos \mathrm{H}$ ou $\pm \mu \cos h$ et $\pm \mu \sin h$.

» Ces quantités s'ajoutent évidemment avec leur signe aux coordonnées M_1, M_2 qui ont été définies. On devra donc, pour tenir compte de la flexion de l'axe horaire, remplacer dans les formules

$$\mathrm{M}_1 \text{ par } \mathrm{M}_1 \pm \mu \cos h \begin{cases} \text{position directe,} \\ \text{position inverse;} \end{cases} \qquad \mathrm{M}_2 \text{ par } \mathrm{M}_2 \pm \mu \sin h \begin{cases} \text{position directe,} \\ \text{position inverse.} \end{cases}$$

» Si l'on a égard simultanément à la flexion du bras et à la flexion de

l'axe horaire, les formules de réduction prennent la forme définitive

$$(8)\quad \begin{cases} d\mathcal{A}^d = m + M_1 + (\mu - 2\beta)\cos h \\ \qquad + (n\cos h - \lambda\sin h + M_2 + \mu\sin h + B)\operatorname{tang}\delta + c\operatorname{s\acute{e}c}\delta, \\ d\mathcal{A}^i = m + M_1 - (\mu - 2\beta)\cos h \\ \qquad + (n\cos h - \lambda\sin h - M_2 + \mu\sin h - B)\operatorname{tang}\delta - c\operatorname{s\acute{e}c}\delta, \\ d\delta^d = I + n\sin h + \lambda\cos h \\ \qquad + [M_1 + (\mu - \beta)\cos h]\sin\delta - (M_2 + \mu\sin h)\cos\delta, \\ d\delta^i = -I + n\sin h + \lambda\cos h \\ \qquad - [M_1 - (\mu - \beta)\cos h]\sin\delta - (M_2 - \mu\sin h)\cos\delta. \end{cases}$$

» En résumé, la théorie de l'équatorial coudé exige l'introduction de deux constantes nouvelles, tenant à la position du miroir dans le cube de la lunette. Les termes de flexion sont en même nombre que dans l'équatorial ordinaire. La flexion du bras correspond à la flexion de l'axe de déclinaison dans les lunettes droites. La flexion de l'axe horaire remplace la différence des flexions des deux extrémités de la lunette, différence que la théorie doit faire entrer en ligne de compte. Ces termes de flexion n'ont aucune influence sur les mesures différentielles auxquelles on destine habituellement l'équatorial. Il devient seulement nécessaire d'évaluer leur effet, si l'on veut déterminer avec précision les constantes de l'instrument et obtenir des lectures de calage très exactes sur les cercles.

» Dans un instrument bien construit, il n'existe aucune raison physique, en dehors de la flexion de l'axe horaire, susceptible de donner lieu à un déplacement du petit miroir ou à un mouvement de l'image dans le champ. Ce fait a pu être constaté sur l'équatorial coudé de l'observatoire de Paris, quoique sa construction mécanique ne soit pas irréprochable.

» Des considérations analogues à celles qui précèdent permettent de tenir compte de la flexion dans les équatoriaux ordinaires.

» La flexion de l'axe horaire peut être considérée comme insensible, parce que le point de cet axe autour duquel tourne la lunette se trouve très près du point d'appui. Son unique effet serait de modifier un peu le sens de la constante λ que l'on peut appeler *erreur de latitude*. Les formules de réduction resteront les mêmes à condition de définir λ non plus au moyen de la ligne déterminée physiquement par les deux tourillons de l'axe horaire, mais au moyen de la tangente à la courbe de flexion, autour de laquelle s'effectue réellement la rotation.

» Un second effet de la pesanteur consistera dans un déplacement, va-

riable avec l'angle horaire, de l'axe de déclinaison. Ce déplacement correspond de tout point à celui que nous avons étudié sous le nom de *flexion du bras*, et peut se décomposer de la même manière. Cette flexion pourra acquérir des valeurs importantes : car, pour se donner la faculté d'observer dans une certaine étendue de part et d'autre du méridien, sans changer la position de la lunette, on est obligé de donner à l'axe de déclinaison une longueur assez grande, et tout le poids de la lunette porte à faux sur l'extrémité de cet axe.

» Pour les raisons que nous avons indiquées (p. 975), la pesanteur tend à modifier l'angle que forment entre eux l'axe horaire et l'axe de déclinaison, mais son influence est indépendante de l'angle horaire, du moins si l'on néglige les termes du second ordre. On devra donc, dans les formules de réduction, traiter b comme invariable.

» La seule composante efficace de la pesanteur est celle qui tend à faire tourner l'axe de déclinaison autour de l'axe horaire dans le plan de l'équateur. On s'assure aisément que la grandeur de cette composante et, par conséquent, son effet varient comme le sinus de l'angle horaire H de l'axe de déclinaison. Si l'on représente par $\beta' \sin H$ l'angle dont l'axe de déclinaison a tourné dans le plan de l'équateur, il est clair que le plan instrumental tourne du même angle et dans le même sens autour de l'axe horaire. Sur les déclinaisons l'effet est négligeable; pour les ascensions droites on en tiendra compte en introduisant dans les formules le terme

$$\delta\mathcal{A} = -\beta' \cos h \text{ position directe,} \qquad \delta\mathcal{A} = +\beta \cos h \text{ position inverse.}$$

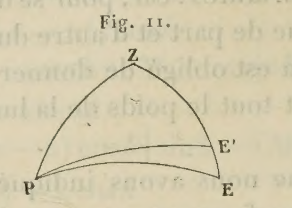
» La correction ainsi trouvée est complète, car la flexion ne déplace pas l'image dans le champ. Un rayon entré dans la lunette suivant l'axe optique fera toujours son image au même point, quel que soit l'angle de l'axe horaire avec l'axe de déclinaison. Un troisième effet à considérer est la flexion astronomique, due à ce que l'objectif et l'oculaire peuvent s'abaisser inégalement sous l'action de la pesanteur. Cette circonstance devra se présenter dans la plupart des cas; car les deux moitiés de la lunette ont un poids considérable, des structures différentes et des longueurs souvent inégales. Nous admettrons, comme on le fait habituellement, que le déplacement de l'axe optique se fait toujours dans un plan vertical et qu'il est proportionnel à la distance zénithale du point visé. Soient

P (*fig.* 11) le pôle de la sphère céleste, Z le zénith, φ la latitude du lieu;
E le point qui serait visé par la lunette s'il n'y avait pas de flexion;

h, δ, z son angle horaire, sa déclinaison et sa distance zénithale;

E′ le point réellement visé, dh et $d\delta$ les variations subies par les coordonnées quand on passe du point E au point E′.

Fig. 11.



» On devra poser, d'après ce qui précède, $EE' = f \sin z$, le coefficient f étant une constante positive ou négative suivant la construction de la lunette.

» Si l'on projette EE′ sur la direction EP et sur la direction perpendiculaire, on trouve : $dh \cos\delta = -f \sin z \sin E$, $d\delta = f \sin z \cos E$. Mais, dans le triangle PZE, on a

$$\sin z \sin E = \sin h \cos\varphi \qquad \text{et} \qquad \sin z \cos E = \sin\varphi \cos\delta - \cos\varphi \sin\delta \cos h;$$

par conséquent,

$$d\mathcal{A} = \frac{f \sin h \cos\varphi}{\cos\delta}, \qquad d\delta = f(\sin\varphi \cos\delta - \cos\varphi \sin\delta \cos h).$$

» Ces formules restent les mêmes, que la lunette soit dans la position directe ou inverse. On voit que le terme introduit dans les formules d'ascension droite n'a pas d'analogue dans la théorie de l'équatorial coudé, à moins qu'on ne considère l'angle du miroir extérieur avec l'axe du bras comme susceptible de varier proportionnellement au cosinus de l'angle horaire du bras. Les termes introduits dans les formules de déclinaison pour représenter la flexion astronomique agissent, l'un comme la constante $M_2 + B$, l'autre comme la constante $\mu - \beta$.

» Les formules de réduction complètes pour l'équatorial ordinaire seront, par conséquent,

$$\left\{\begin{aligned} d\mathcal{A}^d &= m - \beta' \cos h + (n \cos h - \lambda \sin h + b) \operatorname{tang}\delta + (c + f \sin h \cos\varphi) \operatorname{séc}\delta,\\ d\mathcal{A}^i &= m + \beta' \cos h + (n \cos h - \lambda \sin h - b) \operatorname{tang}\delta - (c - f \sin h \cos\varphi) \operatorname{séc}\delta,\\ d\delta^d &= \quad\mathrm{I} + n \sin h + \lambda \cos h - f \cos\varphi \cos h \sin\delta + f \sin\varphi \cos\delta,\\ d\delta^i &= -\mathrm{I} + n \sin h + \lambda \cos h - f \cos\varphi \cos h \sin\delta + f \sin\varphi \cos\delta. \end{aligned}\right.$$

» Nous allons maintenant chercher les procédés les plus appropriés à la

détermination des quantités m, M_1, M_2, μ, B, β, n, λ, c, I, qui figurent dans les formules de réduction de l'équatorial coudé. Un premier ensemble de procédés repose sur l'observation des passages. Une étoile équatoriale connue, prise au méridien dans les deux positions de la lunette, donnera, en appliquant les formules (8), $m + M_1$ et $c + \mu - 2\beta$.

» L'observation d'une étoile voisine du pôle, dans les mêmes conditions, fera connaître $n + M_2 + B + c$ pour la position directe et $n - M_2 - B - c$ pour la position inverse. On en déduit, par addition et soustraction, les quantités n et $M_2 + B + c$.

» L'observation d'une étoile voisine du pôle, à l'angle horaire de -6^h, devra nécessairement être faite dans la position directe et donnera, en tenant compte de la réfraction,

$$(9) \qquad \lambda + M_2 - \mu + B + c = K,$$

K étant la quantité connue déduite de l'observation.

» L'observation à l'angle horaire de $+6^h$ ne peut être faite que dans la position inverse, et l'on s'assure aisément qu'elle conduit à la même équation de condition. Elle pourra seulement être utilisée comme vérification.

» Si l'on veut obtenir la collimation c indépendamment des termes de la flexion, il faut observer dans le premier cercle horaire des étoiles de déclinaison aussi faible que possible et combiner le résultat avec la valeur de K donnée par les observations de polaires au premier cercle horaire. Dans ce genre de mesures, il sera particulièrement nécessaire de tenir compte de la réfraction. Dans quelques-unes des observations que nous avons effectuées, son effet s'est élevé jusqu'à seize secondes de temps.

» Les corrections trouvées pour l'ascension droite instrumentale ont pour valeur, dans la position directe,

$$m + M_1 + (\lambda + M_2 - \mu + B)\operatorname{tang}\delta + c\operatorname{séc}\delta$$

et, dans la position inverse,

$$m + M_1 - (\lambda + M_2 - \mu + B)\operatorname{tang}\delta - c\operatorname{séc}\delta.$$

» Ces deux expressions additionnées fournissent $m + M_1$, déjà obtenu par une autre méthode. Retranchées, elles donnent

$$c\operatorname{séc}\delta + (\lambda + M_2 - \mu + B)\operatorname{tang}\delta = K'.$$

Si nous rapprochons de cette équation celle qui définit la constante K, nous trouverons $c(\operatorname{séc}\delta - \operatorname{tang}\delta) + K\operatorname{tang}\delta = K'$, équation qui fera con-

naître la valeur de c. Dans la pratique on aura, en moyenne, $\tang\delta = 0,40$, $c \sec\delta = 1,10$, ce qui donne environ 0,7 pour le coefficient de c.

» L'emploi exclusif des observations de passages fournit donc les inconnues $m + M_1$, c, n, $\mu - 2\beta$, M_2, $\lambda - \mu$, c'est-à-dire l'ensemble des constantes nécessaires à la réduction des observations de passages. Nous indiquerons ultérieurement les procédés d'observation pour des lieux voisins de l'équateur, et les méthodes fondées sur l'emploi des distances polaires. »

CHRONOMÉTRIE. — *Sur le réglage de l'amortissement et de la phase d'une oscillation synchronisée réduisant au minimum l'influence des actions perturbatrices. — Réglage apériodique.* Note de M. **A. Cornu**.

« L'une des propriétés les plus avantageuses du dispositif synchronisateur décrit précédemment (*Comptes rendus*, t. CV, p. 1106) est la facilité avec laquelle ce dispositif entre en fonction et s'y maintient. Aucun réglage préalable de construction n'est nécessaire : il suffit que l'amortissement électromagnétique du balancier soit notable. La grandeur de cet amortissement peut même être modifiée entre des limites étendues : l'amplitude de l'oscillation varie, mais la synchronisation persiste.

» La théorie rend aisément compte de cette propriété aussi utile que singulière : elle montre qu'il existe effectivement dans le réglage du synchronisme un élément indéterminé *a priori*, la *phase* (fraction de période s'écoulant entre l'époque moyenne de l'action périodique et l'origine de l'oscillation synchronisée), élément que la plupart des systèmes en usage déterminent par construction, mais qui reste arbitraire, comme l'amortissement, dans le dispositif précité et donne au réglage cette latitude si précieuse.

» On est amené naturellement à examiner le rôle que jouent cette phase et l'amortissement corrélatif dans la stabilité du régime et à rechercher si un choix convenable de ces éléments ne permettrait pas d'accroître encore l'efficacité du dispositif.

» La conclusion de cette étude est qu'on doit adopter le coefficient d'amortissement le plus fort compatible avec les conditions expérimentales, et donner à la phase une valeur aussi rapprochée que possible de *zéro;* on tend alors vers le *réglage apériodique* dont les propriétés seront exposées plus loin. C'est dans ces conditions qu'on réduit au minimum l'influence des causes perturbatrices les plus fréquentes.

» La démonstration de ces résultats se déduit de la théorie des oscillations synchronisées faiblement amorties ([1]), exposée précédemment (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 1656).

» Je dirai qu'une oscillation est *synchronisée* lorsque, sous l'influence d'une force périodique, elle est parvenue à un régime permanent tel que *la phase demeure invariable*.

» Les lois qui régissent le régime permanent obtenu à l'aide du dispositif précité sont résumées par les expressions (13) et (14) (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 1661), qu'on peut écrire sous diverses formes

$$(13) \qquad \mathfrak{A} = \frac{u}{\sqrt{\alpha^2\theta^2 + 4\pi^2\left(\frac{\theta - T}{T}\right)^2}} = \frac{u\cos\gamma}{\alpha\theta} = \frac{u\sin\gamma}{2\pi\left(\frac{\theta - T}{T}\right)},$$

$$(14) \qquad \operatorname{tang}\gamma = \frac{2\pi}{\alpha\theta}\left(\frac{\theta - T}{T}\right) = \frac{2\pi}{\alpha T}\left(\frac{\theta - T}{\theta}\right) = \frac{2\pi}{\alpha\mathfrak{T}}.$$

» On en déduit les résultats suivants :

» 1°. *La phase limite* γ *d'une oscillation synchronisée est indépendante de l'intensité* u *de l'action synchronisante et de l'amplitude limite* $\mathfrak{A}$.

» Cette propriété, très importante au point de vue pratique, montre que les réglages des deux caractéristiques de l'oscillation, la phase et l'amplitude, peuvent être rendus indépendants. Il suffit, en effet, α, T et θ étant donnés, de commencer par régler la phase; l'amplitude limite peut être réglée à son tour sans altérer le précédent réglage, en agissant exclusivement sur l'intensité de l'action synchronisante à laquelle elle est proportionnelle.

» 2° *La phase limite est proportionnelle à la différence des périodes.*

» L'observation de la phase limite, qui change de signe avec cette différence, permet donc de décider, sans avoir besoin d'arrêter la synchronisation, si l'oscillation rendue libre serait en avance ou en retard sur l'action directrice. Le signe et la grandeur de la phase indiquent ainsi dans quel sens et de combien il faudrait modifier la période du système synchronisé

([1]) Dans les applications à l'horlogerie, des coefficients relativement élevés sont encore très éloignés de la limite imposée à l'oscillation par la condition d'être faiblement amortie : à savoir que α^2T^2 soit négligeable devant l'unité. Ainsi, déjà pour $\alpha T = \frac{1}{100}$, on atteint un amortissement énorme pour des appareils de précision; car, avec cette valeur, l'amplitude $A = A_0 e^{-\alpha t}$ se réduit dans le rapport de e (ou 2,71828) à 1 au bout du temps $t = 100T$, soit $3^m.20^s$ si la période T est de 2^s.

pour la rendre égale à la période directrice. Cette propriété est fort utile pour le réglage et le contrôle *en marche* des appareils synchronisés.

» 3° *Le coefficient d'amortissement qu'on doit imposer au système oscillant à synchroniser pour compenser une différence de période donnée* $(\Theta - T)$ *est défini par la phase qu'on veut maintenir entre l'oscillation synchronisée et l'action directrice, et réciproquement.*

» La relation entre ces deux éléments est précisément l'expression (14). Comme la valeur de la phase est, en général, indéterminée *a priori*, on voit que le coefficient d'amortissement est également indéterminé, et les limites qui le comprennent sont extrêmement étendues : ces limites sont, d'une part, α_0 voisin de zéro (à l'exclusion de $\alpha = 0$, valeur pour laquelle aucun régime permanent ne pourrait s'établir); de l'autre, α_1 tel que $\alpha_1^2 T^2$ soit encore négligeable devant l'unité, condition nécessaire à la validité des formules (13') et (14) : γ varie alors de $\gamma_0 = \pm \frac{\pi}{2}$ à $\gamma_1 = 0$.

» On voit là l'explication du fait signalé au début, à savoir le fonctionnement immédiat du dispositif, quelle que soit la grandeur de l'amortissement. C'est qu'en effet l'équation (14) donnant toujours une valeur réelle pour γ, quels que soient $\Theta - T$, T et α, il s'établit nécessairement un régime stable; l'oscillation est donc *toujours* synchronisée. Quant à la valeur de la phase, elle est le plus souvent indifférente; elle constitue une constante instrumentale qu'on élimine par une observation préalable.

» Nous sommes donc en présence d'une indétermination réelle de la phase et du coefficient d'amortissement, et nous ne trouvons dans les formules du régime permanent aucune condition qui puisse les définir. C'est dans la grandeur des variations probables des éléments en jeu que nous allons chercher à lever cette indétermination.

» *Variation de la phase causée par la variation lente des éléments de réglage.* — Nous remarquerons d'abord que les trois éléments Θ, T, α qui figurent dans l'expression de la phase ne varient en général que fort lentement, le plus souvent sous l'influence de causes météorologiques, particulièrement des variations de température qui modifient les dimensions des systèmes oscillants, la résistance des conducteurs électriques ou le magnétisme des aimants. Ces variations, s'accomplissant pendant une durée extrêmement grande relativement aux périodes d'oscillation, modifient insensiblement les valeurs limites de la phase et de l'amplitude, mais sans altérer le caractère du régime, qui ne cesse pas d'être stable et d'être représenté par les formules précédentes. L'élément le plus mobile est évidem-

ment la différence $\Theta - T$ (et le seul qu'il soit utile de considérer, les variations relatives de α et de T étant trop faibles pour agir d'une manière appréciable sur γ); la formule (14) donne le moyen d'en atténuer l'influence : c'est d'augmenter la valeur de α. On en conclut :

» *L'erreur sur la phase causée par une variation lente de la différence de période décroît lorsque le coefficient d'amortissement augmente.*

» On a donc intérêt à augmenter autant que possible le coefficient α d'amortissement, ce qui fait tendre la phase vers zéro. On déduirait de l'expression (14) un moyen de déterminer cette valeur de la phase et par suite de α, en recherchant quelle grandeur on doit donner à ce coefficient pour que l'erreur sur la phase soit inférieure à une quantité donnée.

» *Variations de la phase causées par la variation brusque des éléments de réglage.* — Les variations brusques des éléments Θ, T, α et u ont évidemment pour effet d'interrompre le régime permanent et d'imprimer à l'oscillation un régime variable, pendant la durée duquel la phase présente des erreurs périodiques dont il importe de se rendre compte, afin de chercher à les ramener dans les limites de la précision adoptée.

» Ces variations brusques, à la rigueur possibles sur tous les éléments, ne sont guère à craindre que sur l'action synchronisante produite par un courant électrique : il faudrait, en effet, supposer aux appareils des vices de construction bien graves pour y prévoir la production habituelle de variations brusques et notables dans la valeur des périodes T, Θ ou du coefficient α. Il n'en est pas de même des piles électriques, des distributeurs de courants ou des lignes télégraphiques : là, au contraire, des altérations inévitables se produisent, et l'on doit toujours redouter des variations brusques de la force synchronisante. Nous nous bornerons donc à examiner l'influence de ce genre de variations; la discussion serait d'ailleurs toute semblable dans le cas d'un autre élément.

» La considération de l'*indicatrice de synchronisation* (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 1660) donne la solution immédiate de toutes les questions relatives au régime variable qui se produit alors. L'indicatrice est une spirale logarithmique dont l'angle caractéristique est γ. Comme on suppose que u seul varie, l'angle γ, qui en est indépendant, reste le même que dans le régime permanent antérieur; le point asymptotique C de la spirale (*fig.* 1) est donc sur le rayon vecteur OM incliné de l'angle γ sur l'axe des y.

» La phase représentée par l'angle du rayon vecteur ON, avec l'axe Oy, oscillera donc périodiquement autour de sa valeur normale yOC.

» On doit se demander d'abord pendant combien de temps cette erreur

périodique de la phase se prolongera : théoriquement, cette durée est infinie, puisque le régime permanent ne s'établit qu'après un temps infiniment grand. Mais, en fait, le régime permanent est pratiquement établi quand le rayon moyen de la spire sous-tend, vu de l'origine, un angle $\Delta\gamma$

Fig. 1.

assez petit pour que la fraction de période auquel il correspond soit négligeable. Calculons donc le temps nécessaire pour que le rayon vecteur $CM = \rho_0$ de la spirale devienne une fraction donnée $\frac{1}{n}$ de sa valeur initiale. La spirale ayant pour angle γ a pour équation polaire

$$\rho = \rho_0 e^{-\omega \cot \gamma} \qquad \text{avec} \qquad \frac{\omega}{t} = \frac{2\pi}{\mathfrak{T}},$$

car le rayon vecteur tourne avec une vitesse angulaire $\frac{2\pi}{\mathfrak{T}}$. Substituant la valeur (14) de $\cot\gamma$, il vient

$$\rho = \rho_0 e^{-\alpha t}, \qquad \text{d'où} \qquad t = \frac{1}{\alpha}\log\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{1}{\alpha}\log n.$$

» Donc, *le temps nécessaire pour réduire à une fraction donnée l'erreur périodique de la phase pendant le régime variable qui suit une variation brusque de la force synchronisante est, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse du coefficient d'amortissement.*

» D'autre part, le *maximum maximorum* de l'erreur $\Delta\gamma$ est évidemment

NOC, donné par la tangente ON issue de l'origine O à la première spire

$$\frac{\Delta\gamma}{\sin\gamma} = \frac{NC}{OC} = \frac{NC}{OM + MC}; \qquad \text{d'où} \qquad \Delta\gamma < \frac{\Delta u}{u + \Delta u}\sin\gamma,$$

en remplaçant NC par MC qui lui est supérieur.

» Donc *l'erreur maximum à craindre sur la phase est proportionnelle au sinus de la phase limite.*

» Ainsi, qu'il s'agisse de variations brusques ou lentes, *on a intérêt à donner au coefficient d'amortissement la plus grande valeur compatible avec les conditions expérimentales et à faire tendre la phase limite vers zéro.*

» Telles sont les conditions théoriques ; on peut aisément les réaliser.

» 1° *Amortissement.* — Le coefficient α n'a jamais besoin d'atteindre la valeur $\alpha T = \frac{1}{100}$ (ce qui correspond à une réduction de l'amplitude du balancier libre dans le rapport de $e = 2,718$ à 1 en 100 périodes T) : on doit le diminuer, si l'on désire éviter l'arrêt en cas de la rupture du courant.

» 2° *Réduction à zéro de la phase.* — On y parvient en agissant sur la période T du balancier de manière à la rendre sensiblement égale à la période directrice Θ. A cet effet, lorsque le régime stable est établi, on observe au chronographe, ou simplement au téléphone, l'*époque moyenne* du courant synchronisant : si elle a lieu *avant* le passage du balancier à la position d'équilibre (le sens du mouvement étant le sens de l'attraction de la bobine), le balancier *retarde*; si elle a lieu *après*, il *avance*. A l'aide de cette règle, facile à démontrer, on corrige aisément *en marche* ce retard ou cette avance au moyen de poids placés au milieu de la tige du balancier, et l'on arrive à la phase nulle, $\gamma = 0$, lorsque l'époque moyenne de l'attraction coïncide avec le passage à la verticale.

» *Régime et réglage apériodiques.* — Je propose de donner le nom d'*apériodique* à ce mode de réglage pour rappeler que, dans ce cas ($\gamma = 0$), tout régime variable de la phase et de l'amplitude est *apériodique*, ces éléments atteignant leur valeur limite sans la dépasser.

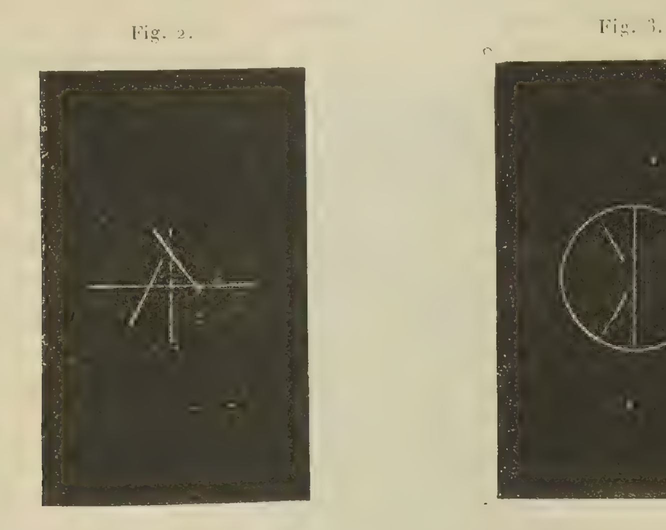
» La *fig.* 1 résume les propriétés du *régime apériodique* comparativement avec le régime périodique ordinaire : dans le cas général, une oscillation, dont le point représentatif est P au moment où la synchronisation intervient, a pour *indicatrice* une spirale logarithmique d'angle γ allant de P en C (point asymptotique), tel que yOC $= \gamma$. Dans le cas de $\gamma = 0$, la spirale dégénère en une droite PC_0. Le point C_0 a pour coordonnées $\gamma = 0$ (axe Oy) et $OC_0 = u : \alpha\Theta$ conformément à l'expression (13) : c'est le point asymptotique de l'indicatrice rectiligne, car le point représentatif de l'oscillation s'en approche suivant la loi $\rho = \rho_0 e^{-\alpha t}$, ρ étant la distance des deux points.

La figure donne aussi la loi des amplitudes limites pendant le réglage de la pé-

riode T; car, d'après (13), le lieu des points asymptotiques (γ, ϑ) correspondant à un amortissement α et une force u donnés est un cercle décrit sur OC_0 comme diamètre : on voit que l'amplitude limite passe par un maximum pour $\gamma = 0$, condition qui la rend indépendante des petites variations de $\theta - T$.

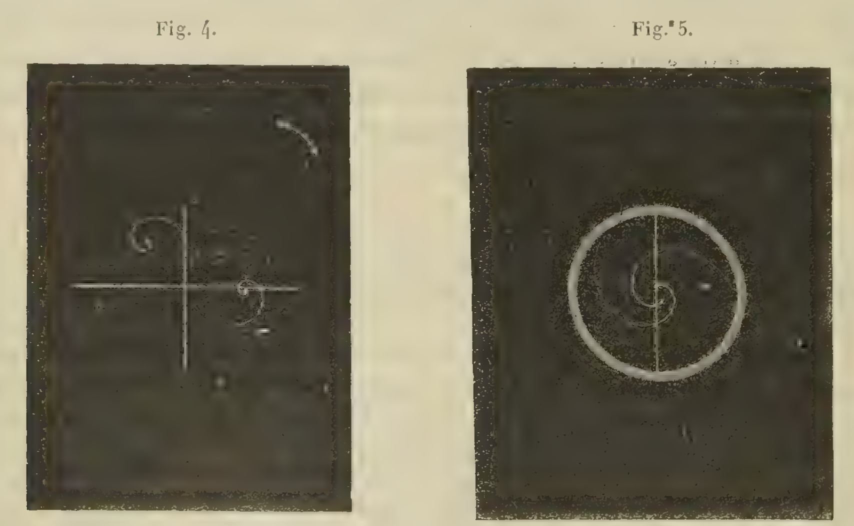
» En raison de l'importance de ce régime apériodique, j'ai tenu à étudier cette indi-

Fig. 2. Fig. 3.



catrice rectiligne et à l'enregistrer dans les mêmes conditions que la spirale : la *fig.* 2 est la reproduction (procédé Dujardin) d'un cliché photographique obtenu comme précédemment (*loc. cit.*, t. CIV, p. 1665); elle représente les axes coordonnés rectan-

Fig. 4. Fig. 5.



gulaires et réalise l'indicatrice rectiligne PC_0 (doublée parce qu'elle est produite non par l'époque moyenne, mais par le début et la fin du courant synchronisant). Le point

asymptotique est évidemment à l'extrémité la plus *empâtée* du trait. On comparera avec la double spirale (*fig.* 4 qui est la reproduction de la *fig.* 3 de la page 1665). La *fig.* 3 donne la vérification de l'égalité approchée des périodes; elle représente, outre l'axe des déplacements (axe des x) et l'oscillation initiale complète (cercle et son diamètre), le décroissement d'une oscillation libre comme le faisait la spirale concentrique [*fig.* 5 (*fig.* 4 de la page 1665)].

» L'analogie de ces figures dispense de plus amples explications : on remarquera seulement que la spirale de la *fig.* 1 correspond à une *avance* du balancier, tandis que celles des *fig.* 4 et 5 (dont les axes sont d'ailleurs, comme ceux des *fig.* 2 et 3, tournés d'un angle droit) correspondent à un *retard*.

» En résumé, le *réglage apériodique* offre l'avantage :

» 1° De ne pas dérégler l'appareil pour le synchroniser, comme l'exigent certains systèmes;

» 2° D'éviter tout régime périodique pour l'amplitude et la phase;

» 3° De réduire au minimum, sinon à zéro, l'influence des perturbations les plus ordinaires;

» 4° De fournir un contrôle incessant du réglage et un moyen simple pour le rétablir s'il vient à varier. »

ÉLECTRICITÉ. — *Observations de* M. **Edm. Becquerel** *à propos d'une Note de* M. A. Stoletow, *présentée à l'Académie dans sa dernière séance.*

« Dans le dernier numéro des *Comptes rendus* (t. CVI, p. 1149) se trouve une Note de M. A. Stoletow, intitulée : *Sur une sorte de courants électriques provoqués par les rayons ultra-violets;* cette Note est relative au passage d'un courant électrique entre deux disques, ou conducteurs métalliques, placés parallèlement à petite distance l'un de l'autre, au moyen de la couche d'air interposée qui doit se trouver plus ou moins échauffée par le rayonnement d'un arc voltaïque.

» Je désire faire remarquer à cette occasion que ces effets me paraissent analogues à ceux que j'ai observés et analysés en 1853, mais d'une autre manière; j'ai montré, à cette époque [1], que les gaz échauffés peuvent conduire les courants électriques, même ceux provenant de couples à très faible force électromotrice, et que ces effets sont fonctions de la nature des gaz, de leur densité, ainsi que des dimensions relatives des électrodes.

» Dans un travail présenté à l'Académie l'année dernière, M. Blondlot [2],

(1) *Ann. de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXIX, p. 355 (1853).

(2) *Journal de Physique*, 2e série, t. VI, p. 109 (1887).

à l'aide d'une méthode différente de la mienne, a obtenu des résultats analogues à ceux auxquels j'étais parvenu relativement à la conductibilité électrique des gaz dont on élève suffisamment la température.

» Ces observations s'appliquent également à une Note que vient de publier récemment M. Righi sur des effets du même genre ([1]). »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la fixation de l'azote par la terre végétale. Réponse aux observations de M.* Schlœsing; par M. **Berthelot**.

« Quelques mots encore sur la question de la fixation de l'azote par la terre, afin de mieux établir l'historique de cette recherche et son caractère actuel.

» Je ne veux pas discuter davantage, ni les expériences négatives de M. Schlœsing, sur lesquelles j'ai présenté des remarques que je maintiens intégralement; ni mes propres recherches, dont j'ai défini les conditions générales et spéciales ([2]) : j'abandonne ces points à l'appréciation des gens compétents. Mais il me paraît opportun de revenir sur ce qui touche Boussingault, pour qui j'ai toujours professé un profond respect et une affection qu'il voulait bien me rendre. Au sujet de ses travaux, M. Schlœsing me paraît faire quelque méprise. En réponse aux premières Notes de notre Confrère, j'ai cru utile de rappeler que les anciennes séries de recherches sur la fixation de l'azote par les plantes avaient été exécutées, pour la plupart, dans des sols calcinés et remontaient à plus de trente ans, c'est-à-dire à une époque antérieure aux travaux de Pasteur. Depuis lors, sous l'impulsion des idées nouvelles développées par notre illustre Secrétaire perpétuel, les points de vue ont changé; M. Schlœsing lui-même a pris à ce changement, par ses découvertes sur la nitrification, une part que je n'ai jamais négligé de mettre en lumière, ni dans mes Ouvrages imprimés, ni devant l'Académie. Boussingault était un trop bon esprit pour se refuser à reconnaître ce progrès de la Science. Mais quelles qu'aient été ses der-

---

([1]) *Journal de Physique*, 2e série, t. VII, p. 153.

([2]) Je rappellerai que j'ai exposé, dans les *Annales* et dans les *Comptes rendus* de la présente année, les chiffres et toutes les données relatives au dosage des divers éléments renfermés dans les terres que j'ai étudiées, tels que potassium, carbone, azote, soufre, phosphore. Ces renseignements que j'ai réclamés de M. Schlœsing, je les ai exposés d'abord, non seulement en passant, mais avec de longs détails sur les états multiples de combinaison de ces éléments.

nières opinions à cet égard, cela ne change rien au caractère historique des expériences qu'il avait publiées à des époques antérieures. Je n'insisterai pas sur les autres, M. Schlœsing paraissant reconnaître aujourd'hui que Boussingault n'avait pas à « réussir dans une entreprise qu'il ne poursuivait pas ». C'est précisément ce que j'avais dit, en expliquant pourquoi il n'y avait pas lieu d'introduire ces expériences dans notre discussion.

» Boussingault envisageait d'ailleurs, et c'est là une chose que M. Schlœsing met en évidence à juste titre; il envisageait surtout « les micro-organismes comme chargés de restituer à l'air et au sol les matériaux que la » végétation leur a empruntés ». Un tel rôle est essentiellement analytique et ne présente pas de corrélation nécessaire avec la vie végétale proprement dite. Or, c'est au contraire une telle corrélation entre l'activité des cellules agglomérées en grands organismes, qui constituent les végétaux supérieurs, et les cellules isolées ou groupées en petit nombre, cellules plus ou moins analogues aux précédentes, qui constituent les microbes de la terre; c'est cette corrélation, dis-je, qui est l'objet principal des travaux que j'exécute. Ces travaux sont encore loin de leur terme et je n'en ai dissimulé ni les difficultés, ni les points qui réclament un plus long examen : il faut des années pour toute recherche touchant à l'Agriculture et à la vie végétale. Quoi qu'il en soit, les êtres élémentaires dont il s'agit ne provoquent pas seulement des décompositions, comme on l'admettait autrefois, mais aussi des synthèses véritables : par là leur étude se rattache à l'œuvre que je poursuis en Chimie depuis tant d'années. »

MINÉRALOGIE. — *Note sur les propriétés optiques de la pharmacolite naturelle et sur leur comparaison avec celles des cristaux artificiels de M.* Dufet; par M. **Des Cloizeaux**.

« La production de beaux cristaux d'arséniate de chaux à $5^{éq}$ d'eau, qui vient d'être obtenue par M. Dufet, m'a engagé à reprendre l'examen optique de la pharmacolite naturelle. J'avais entrepris cet examen il y a une douzaine d'années, mais j'avais dû l'interrompre par suite de la rareté et des petites dimensions de ses cristaux et de la difficulté de soumettre des lames très étroites aux microscopes polarisants connus à cette époque.

» Le microscope Bertrand m'a permis de compléter mes anciennes déterminations et je les ai trouvées en accord absolu avec celles qui ont été

faites par M. Dufet et par moi-même sur les cristaux artificiels dont la description se trouve plus loin (¹).

Le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan de symétrie; il est situé dans l'angle obtus $p : m/m$ et il fait, pour la lumière blanche, des angles d'environ

Cristaux naturels.		Cristaux artificiels.
27°4′	avec l'arête $g^1 e^1$;	27°7′
69°42′	avec l'arête $g^1 m$;	69°39′

» La bissectrice *obtuse* est positive et normale à g^1. J'ai trouvé, pour l'écartement des axes dans l'huile, autour de cette bissectrice (²),

Cristaux naturels.		Cristaux artificiels.
$2H_0 =$ 113°27′	rayons rouges;	114°30′
112°20′	alcool salé;	113°36′
111°47′	rayons bleus;	»

» Avec l'indice moyen de M. Dufet, $\beta_j = 1,5891$, on trouve

	Cristaux	
	naturels.	artificiels.
$2V_{a.j}$	78°46′	78°50′

» A 45° du plan de polarisation, la dispersion ordinaire se manifeste au sommet des hyperboles par des couleurs un peu *anomales*, violet rougeâtre à l'*intérieur*, vert à l'*extérieur*, d'où l'on peut conclure, comme par la mesure directe, $\rho > v$ dans l'huile, contrairement à la dispersion des axes *réels* qui résulte des observations de M. Dufet. Il n'existe aucune dispersion *tournante*, autour de la bissectrice obtuse.

» Quant aux mesures goniométriques, les angles que j'ai obtenus sont très voisins de ceux de M. Dufet et plus rapprochés des valeurs publiées autrefois par Haidinger (³) que de celles de M. Schrauf (⁴).

(¹) Voir plus loin la Note de M. Dufet, p. 1238.

(²) Pour l'huile d'olive blanchie, employée : $n_r = 1,466$; $n_j = 1,468$; $n_b = 1,478$.

(³) *Edinb. J. of Science*, t. III, 1825, et *Poggendorff's Annalen*, t. V.

(⁴) *Zeitschrift für Krystallographie*, etc., t. IV, 1880.

» J'ai trouvé, en moyenne,

$$b:h::1000:308,067 \qquad D=852,835 \qquad d=522,177$$

	Angles mesurés.	Angles calculés.	Angles mesurés (Dufet).
{ h^2g^1 opp	78°30	78°33″	»
{ mg^1 adj	121.16	★121.18	»
{ g^1e^1 adj	109.25	★109.26	109.25
{ g^1e^1 opp	70.45	70.34	»
g^2a_5	110.35	110.19	»
h^2a_5	»	148.26.30	148.37
$p:{}^m/_m$	96.45 microsc.	★96.46	»
$p:d^{\frac{1}{6}}/d^{\frac{1}{6}}$	124.45 microsc.	124.53	»
$p:a_5/a_5$	114.42 microsc.	114.41	»

» Outre les formes h^2, m, g^1, e^1, a_5, observées autrefois par Haidinger, M. Schrauf a trouvé $b^{\frac{1}{2}}$ pour laquelle

	Mesuré.	Calculé.
$mb^{\frac{1}{2}}$	121°20′	120°12′
$g^1b^{\frac{1}{2}}$	107°30′	107°51′

» A l'opposé des formes $b^{\frac{1}{2}}$ et a_5, j'ai rencontré, sur des aiguilles de Joachimsthal provenant de l'ancienne collection Adam, $d^{\frac{1}{6}}$ avec

	Mesuré.	Calculé.
$g^1d^{\frac{1}{6}}$	116°30′	116°40′
$p:d^{\frac{1}{6}}/d^{\frac{1}{6}}$	124°45′	124°53′

Sur les cristaux artificiels, les formes prédominantes sont h^2, m, g^1, e^1, a_5.

» Comme on le voit, les caractères optiques et cristallographiques des cristaux naturels et des cristaux artificiels de M. Dufet sont identiques. La seule différence qui existe entre eux est l'excès d'environ 4 pour 100 d'eau que les anciennes analyses accusent dans les cristaux naturels; mais on doit remarquer que ces cristaux sont hygrométriques et perdent une partie de leur eau à 100°; de plus, les échantillons analysés étaient probablement mélangés d'un peu de *Wapplérite*, où l'on a trouvé 29 pour 100 d'eau et qui, à l'état de poudre effleurie, est ordinairement associée à la pharmacolite. »

MINÉRALOGIE. — *Note sur les caractères optiques de la Haidingérite*; par M. **Des Cloizeaux**.

« La *Haidingérite*, décrite en 1825 par Haidinger, comme un arséniate de chaux à $4^{éq}$ d'eau, cristallisant en prisme rhombique de 100° et ordinairement associé à la pharmacolite et à un arséniate de chaux et magnésie (connu maintenant sous le nom de *Wapplérite*), est toujours resté un minéral fort rare.

» Parmi quelques fragments de pharmacolite qui m'ont été récemment envoyés par M. Schrauf, de Vienne, j'ai rencontré quelques petits cristaux de Haidingérite, groupés irrégulièrement entre eux. Ces cristaux offrent un prisme de 100°, tronqué sur ses arêtes obtuse et aiguë par les formes h^1 et g^1, et terminé par des sommets confus. Ils sont reconnaissables à un clivage excessivement facile, parallèle à g^1, qui possède un éclat nacré très vif, inclinant à l'adamantin. A travers une lame de clivage très mince, j'ai pu m'assurer que le plan des axes optiques est parallèle à h^1 et que ces axes sont très écartés autour de leur bissectrice *obtuse* négative, normale à g^1, avec une dispersion faible, $\rho > v$.

» La Haidingérite doit donc être rangée parmi les cristaux à bissectrice *aiguë* positive; l'un de ses indices de réfraction, mesuré autrefois par Haidinger sur un prisme naturel de 40°, formé par deux faces opposées h^1 et m, doit être l'indice *maximum* $\alpha = 1,67$. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Considère** adresse, par l'entremise de M. Maurice Lévy, pour le concours du prix Dalmont, un Mémoire ayant pour titre : « Calcul des assemblages. Détermination des efforts maxima à imposer aux métaux ».

(Renvoi à la Commission du prix Dalmont.)

M. L. **Bandurski** soumet au jugement de l'Académie un « nouveau système de moteurs électriques ».

(Commissaires : MM. Maurice Lévy, Marcel Deprez.)

M. **Gelin** adresse une Communication relative au Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un Ouvrage de M. *G. de Saporta*, ayant pour titre : « Origine paléontologique des arbres cultivés ou utilisés par l'homme ». (Présenté par M. Gaudry.)

ASTRONOMIE. — *Observations des nouvelles planètes* (275) *et* (276) *Palisa, faites à l'observatoire d'Alger au télescope de* $0^m,50$; par MM. **Trépied**, **Rambaud** et **Sy**, communiquées par M. Mouchez.

Dates. 1888.	Étoiles de comparaison.	Grandeurs.	Planète — Étoile. Ascension droite.	Planète — Étoile. Déclinaison.	Nombre de compar.	Observ.
		(275).				
Avril 17......	B.B., t. VI, n° 2687 (*a*).	8,6	$-0^m.25^s,36$	$-2'.53'',67$	22:14	R.
17......	Id.	»	−0.26,18	−2.49,44	16:10	T.
17......	Id.	»	−0.27,12	−2.43,01	16:10	S.
18......	Id.	»	−1. 2,04	+0.49,18	12:12	S.
18......	Id.	»	−1. 2,23	+0.52,70	12:12	T.
18......	Id.	»	−1. 3,11	+0.56,96	10:10	R.
		(276).				
Avril 18......	W_1, XIV, n° 1060 (*b*).	8	+2. 1,98	−1.58,10	10:10	R.
18......	Id.	»	+2. 1,35	−1.49,59	10:10	S.

Positions des étoiles de comparaison.

Étoiles.	Ascension droite moy. 1888,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moy. 1888,0.	Réduction au jour.	Autorités.
a.......	$12^h.38^m.16^s,76$	$+1^s,16$	$+3^\circ.40'.50'',9$	$-5'',8$	B.D., t. VI.
a.......	»	+1,16	»	−5,7	Id.
b.......	14. 2. 0,80	+1,36	+12.23.22,5	−4,3	W_1.

Positions apparentes des planètes.

Dates. 1888.	Temps moyen d'Alger.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Déclinaison apparente.	Log. fact. parallaxe.
		(275).			
	h m s	h m s		° ′ ″	
Avril 17......	9. 8.40	12.37.52,56	$\bar{1},317_n$	+ 3.37.51,4	0,687
17......	9.36.24	12.37.51,74	$\bar{1},188_n$	+ 3.37.55,7	0,685
17......	10. 6. 5	12.37.50,80	$\bar{2},976_n$	+ 3.38. 2,1	0,684
18......	8.42.49	12.37.15,88	$\bar{1},391_n$	+ 3.41.34,4	0,688
18......	9. 0.52	12.37.15,69	$\bar{1},329_n$	+ 3.41.37,9	0,687
18......	9.26.53	12.37.14,81	$\bar{1},214_n$	+ 3.41.42,2	0,685
		(276).			
Avril 18......	11. 8.14	14. 4. 4,14	$\bar{1},138_n$	−12.21.28,7	0,821
18......	11.31.56	14. 4. 3,51	$\bar{2},948$	−12.21.37,2	0,823

	Grandeur estimée.
(275)	11,0
(276)	11,5

ALGÈBRE. — *Sur certains types d'équations algébriques ayant toutes leurs racines réelles.* Note de M. **G. Fouret**, présentée par M. Halphen.

« Dans une Note présentée à l'Académie à la dernière séance, j'ai indiqué une méthode pour former, à l'aide de deux équations ayant toutes leurs racines réelles, une nouvelle équation jouissant de la même propriété. Je viens de m'apercevoir que cette méthode n'est pas nouvelle : le principe en est dû à M. Hermite, qui l'a énoncé, il y a quelques années, dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques* (2e série, t. V, p. 479) ([1]). Peut-être, néanmoins, ma Communication conserve-t-elle quelque intérêt, en montrant, par certaines applications, le parti que l'on peut tirer du théorème de M. Hermite, dans un genre de questions sur lesquelles l'attention a de nouveau été appelée par les derniers travaux de Laguerre.

([1]) Le théorème a été énoncé par M. Hermite pour le cas où l'équation $f(x) = 0$ a toutes ses racines réelles; il a été étendu par M. Poulain et par M. Réalis au cas plus général, que j'ai moi-même considéré, où l'équation $f(x) = 0$ n'est pas soumise à cette restriction (*Nouvelles Annales*, 2e série, t. VI, p. 23 et 417). M. Maffiotti a donné (*ibid.*, p. 76) une démonstration du même théorème, pour le cas spécial considéré par M. Hermite.

» Je citerai encore deux résultats intéressants que l'on déduit du même théorème, en combinant plusieurs fois l'équation $x^n = 0$, d'une part, avec l'équation $(x+1)^n = 0$ et, de l'autre, avec l'équation obtenue en égalant à zéro le polynôme de degré n de M. Hermite. Ces résultats consistent en ce que, *h et k désignant deux entiers positifs quelconques, les équations*

$$x^n + \frac{n^h}{1^k}x^{n-1} + \frac{n^h(n-1)^h}{1^k.2^k}x^{n-2} + \ldots + \frac{n^h}{1^k}x + 1 = 0 \text{ (}^1\text{)}$$

et

$$x^n - \frac{n^h(n-1)^h}{1^k.2^k}x^{n-2} + \frac{n^h(n-1)^h(n-2)^h(n-3)^h}{1^k.2^k.3^k.4^k}x^{n-4} - \ldots = 0$$

ont toutes leurs racines réelles.

» J'énoncerai enfin un autre théorème qui permet, comme celui de M. Hermite, de déduire de deux équations algébriques, ayant toutes leurs racines réelles, une autre équation présentant la même particularité.

» Théorème. — *Si $\varphi(x)$ est un polynôme entier de degré n, dont les facteurs linéaires soient tous réels, $f(x)$ un polynôme entier d'un degré égal ou supérieur à n, et α un nombre quelconque, mais non compris entre -1 et $-(2n+1)$, l'équation*

$$\begin{aligned}F(x) \equiv f(x)\frac{\varphi^{(n)}(x)}{1.2\ldots n} &+ \frac{f'(x)}{\alpha+1}\,\frac{\varphi^{(n-1)}(x)}{1.2\ldots(n-1)} \\ &+ \frac{f''(x)}{(\alpha+1)(\alpha+2)}\,\frac{\varphi^{(n-2)}(x)}{1.2\ldots(n-2)} + \ldots + \frac{f^{(n)}(x)}{(\alpha+1)(\alpha+2)\ldots(\alpha+n)}\varphi(x) = 0\end{aligned}$$

a au moins autant de racines réelles que l'équation $f(x) = 0$, et, si elle en a davantage, l'excédent est un nombre pair.

» En particulier, *l'équation $F(x) = 0$ a toutes ses racines reelles, si l'équation $f(x) = 0$ a elle-même toutes ses racines réelles.*

» On démontre ce théorème en s'appuyant sur ce que, *si m est le degré de l'équation $f(x) = 0$, et si λ et μ désignent deux nombres dont le premier est*

---

(1) Quelques cas particuliers de cette équation ont été signalés : ceux où l'on a $h=2$, $k=1$ (Laguerre, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 3e série, t. IX, p. 135); $h=2$, $k=2$ (H. Laurent, *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 2e série, t. VII, p. 237); $h=1$, k étant un entier quelconque (Cesaro, *ibid.*, 3e série, t. II, p. 561

supérieur à $-\frac{1}{m}$, *l'équation*

$$f(x) \quad (\lambda x + \mu) f'(x) = 0$$

a au moins autant de racines réelles que $f(x) = 0$, *et, si elle en a davantage, l'excédent est un nombre pair.*

» On peut supposer que le polynôme $\varphi(x)$ ait une forme particulière et simple, telle que x^n, $(x-a)^n$, par exemple. On déduit alors du théorème énoncé plus haut divers résultats sur lesquels il est inutile d'insister.

» Dans le cas particulier où α est égal à l'unité, on a

$$F(x) = \frac{1}{1.2\ldots n} \frac{d^n[f(x)\varphi(x)]}{dx^n}.$$

» De cette remarque, qui m'a été suggérée par M. Désiré André, on conclut une démonstration immédiate, pour le cas spécial dont il s'agit, en s'appuyant sur le théorème de Rolle. »

PHYSIQUE. — *Sur l'emploi des thermomètres à gaz.* Note de M. **Crafts**, présentée par M. Friedel.

« Dans une Communication faite à l'Académie dans la séance du 9 avril, M. Cailletet décrit un appareil à hydrogène qui lui sert à mesurer les basses températures, et fait ressortir les avantages de l'emploi d'un fil de platine, transmettant un courant électrique qui signale le moment où la colonne de mercure arrive à une hauteur fixe et enferme le volume constant d'hydrogène, dont la tension mesurée permet de calculer la température.

» M. Cailletet fait mention d'un travail [1] dans lequel, il y a dix ans, j'ai décrit une forme analogue de thermomètre à hydrogène, et je demanderai la permission de présenter à l'Académie, à l'occasion de la Communication de ce savant éminent, quelques observations sur un sujet qui n'a pas cessé de m'occuper depuis ma première publication.

» Mes premiers thermomètres furent construits pour opérer avec de très petites quantités de substance, et les boules avaient de $0^{cc},3$ à 8^{cc} de capacité et donnaient une précision de $2°$ à $0°,2$, précision qu'il serait dif-

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique,* 5e série, t. XIV, p. 409.

ficile d'atteindre avec des thermomètres à gaz de cette dimension, sans employer la méthode du contact électrique. J'ai construit depuis plusieurs années d'autres thermomètres, ayant des réservoirs cylindriques de 70^{cc} de capacité, et avec ces derniers instruments j'ai cherché, en employant toujours le même système de contact électrique, à obtenir une très grande exactitude de mesures, afin de contrôler toutes les déterminations de température faites avec les thermomètres à mercure.

» Mon appareil est monté de manière à éviter la formation d'une étincelle de rupture, parce que le platine chauffé se dissout dans le mercure et se sépare en poussière par refroidissement. Dans d'autres instruments, j'ai employé comme signal un téléphone fonctionnant avec un très faible courant d'induction.

» La partie manométrique de ces instruments se divise en deux parties : un manomètre privé d'air, et une deuxième branche communiquant avec l'air, qui est employée toutes les fois que la longueur de la colonne barométrique causerait des difficultés pour la lecture.

» L'emploi d'un manomètre privé d'air est particulièrement indiqué quand il s'agit de mesurer des températures au-dessous de zéro ; mais, pour les températures supérieures, il y a un inconvénient, surtout quand un appareil fortement chauffé est placé à côté du thermomètre. Alors il est très difficile de connaître la correction pour la dilatation du mercure dans une longue colonne, observée dans des conditions moins favorables qu'un baromètre ordinaire; et, dans une série d'expériences où la correction en question devait être exacte à $0^{mm},006$ près et où par conséquent la température de toute la colonne devait être déterminée à $0^{\circ},05$ près, j'ai entouré de glace toutes les parties du thermomètre à hydrogène, sauf la boule qui est chauffée, et maintenu ainsi l'appareil jour et nuit à zéro, évitant toutes corrections pour la température.

» Dans ces circonstances, l'emploi du courant électrique a le grand avantage de supprimer la lecture dans la branche du manomètre qui est au milieu de la glace. Une méthode spéciale d'éclairage du ménisque a permis de faire la seule lecture nécessaire, celle dans la partie la plus élevée du manomètre, avec une précision d'environ $0^{mm},003$.

» Le thermomètre est monté très solidement sur un support en fer pesant environ 60^{kg}, et favorablement arrangé pour des lectures cathétométriques, qui sont rapportées sur une règle en acier avec divisions sur platine.

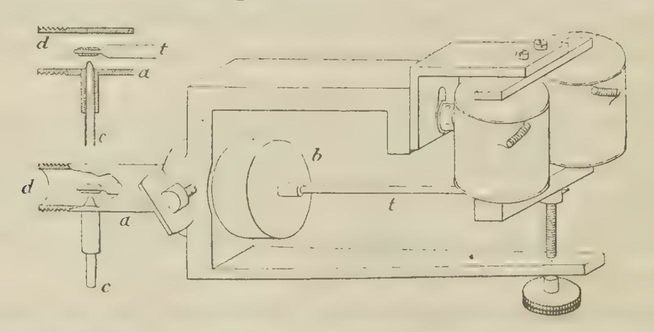
» Dans une série de trente-neuf observations, faites du 14 au 24 juin

1887, avec la glace et l'eau bouillante, le plus grand écart de la moyenne a été de $0^{mm},06$ dans la position du zéro, ensuite un écart de $0^{mm},04$, et les autres inférieurs à $0^{mm},03$.

» Pour l'intervalle 100° à 0°, on a eu six écarts de $0^{mm},03$ à $0^{mm},04$, et les autres plus faibles. $0^{mm},06$ correspond à moins de 0°,03 de température. D'autres séries ont donné des résultats semblables et bien comparables de série en série.

» Dans ces expériences, on a eu l'occasion de s'assurer du bon fonctionnement d'un robinet électrique, qui a été déjà décrit. Il arrête le courant du mercure dans le manomètre, au moment où la colonne dans la branche qui communique avec le réservoir thermométrique touche le fil en platine. On lit la hauteur, on abaisse le mercure et on le fait remonter pour une nouvelle lecture. Ces opérations peuvent se compléter trois fois par minute, mais, quand la température reste constante, il est préférable de les faire une fois par minute, et chaque observation de température consiste en une dizaine de lectures successives. Les chiffres sont ordinairement identiques à $0^{mm},003$ près et prouvent que l'arrêt automatique du mercure atteint une précision au moins égale à celle des moyens de mesure. Ce fait a été confirmé par de nombreuses expériences faites en fixant un fil de platine dans l'une des deux branches d'un manomètre, et laissant toutes les deux ouvertes à l'air ou communiquant ensemble.

» Quoique j'aie modifié essentiellement la forme de mes appareils, les explications précédentes peuvent être comprises, si l'on se reporte à la planche du Mémoire cité aux *Annales*, ou bien au dessin de M. Cailletet; mais il sera peut-être utile de présenter la nouvelle forme donnée au ro-



binet électrique, qui a été appliqué avec succès à un grand baromètre et à d'autres instruments.

» Le mercure traverse le tube (*c*) pour pénétrer dans (*a*), qui est vissé sur l'appareil; (*c*) est terminé par un jet à tête plate, à ouverture d'envi-

ron $0^{mm},1$. Celle-ci peut être fermée par une plaque de caoutchouc (*d*) portée par la tige (*t*). Cette partie est montrée en haut en coupe. La tige (*t*) est mastiquée dans un disque en acier (*b*) qu'elle traverse, et ce disque est aminci au tour jusqu'à ce que la tige devienne mobile sous un poids d'environ 20^{gr}.

» La position de l'aimant et le mode de réglage sont évidents par le dessin.

» Toutes les pièces sont en fer, les joints sont mastiqués, et aucune partie n'est facilement destructible par les vapeurs d'un laboratoire. »

PHYSIQUE. - *Sur la méthode calorimétrique à température constante.* Note de M. A. d'Arsonval.

« Dans une Note présentée à la dernière séance par M. Lippmann, M. E. Mathias décrit une méthode de calorimétrie dont le principe consiste essentiellement à ramener constamment le calorimètre à l'état initial. Je crois devoir rappeler à l'Académie que j'ai introduit cette méthode dans la Science, il y a plus de dix ans, sous le nom de *méthode par compensation* ou *de réduction à zéro* ([1]). Mon procédé consiste à maintenir le calorimètre constamment à la même température, qu'on peut choisir quelconque, à l'aide d'une source compensatrice qui donne la mesure des calories dégagées ou absorbées par la réaction. De plus, cette compensation se fait *automatiquement*, par le jeu même de l'appareil qui *inscrit*, en outre, la courbe calorimétrique en fonction du temps.

» On trouvera une courbe obtenue de cette façon dans ma Note insérée aux *Comptes rendus* du 25 août 1879. C'est ainsi que j'ai pu montrer *directement* que l'œuf des oiseaux *absorbe* de la chaleur pendant les premiers jours de l'incubation pour en dégager ensuite, et étudier l'influence de la température ambiante sur la thermogénèse animale. L'Académie m'a décerné ultérieurement le prix de Physiologie pour l'invention de cette méthode et pour les faits nouveaux qu'elle m'a permis de constater (voir *Comptes rendus*, 6 février 1882, Rapport de M. Marey).

» Plus tard, j'ai perfectionné cette méthode en utilisant, pour absorber

---

([1]) Voir *Société de Biologie*, 1er décembre 1877. — *Travaux du laboratoire de Marey*, 1878-1879. — *Comptes rendus*, séance du 25 août 1879. — *Journal de Robin*, mars-avril 1886.

la chaleur dégagée par l'animal ou la réaction, la chaleur latente de volatilisation des gaz liquéfiés distillant en présence de leur vapeur saturée (voir *Congrès de la Rochelle* et *Société de Physique*, 1880; *Société de Biologie*, 15 janvier 1881). C'est l'inverse du procédé décrit par M. E. Mathias. Le choix du gaz liquéfié n'est pas indifférent dans la pratique. Après bien des essais, je me suis arrêté, ces temps derniers, au chlorure d'éthyle, qui bout à 12°,5 et qui se vend aujourd'hui, industriellement, au même prix que le chlorure de méthyle. Je décrirai dans une prochaine Note le dispositif que j'ai imaginé pour obtenir la distillation à une température déterminée, et éliminer automatiquement les causes d'erreur provenant des changements de température ou de pression barométrique. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau système de communication téléphonique entre les trains en marche et les gares voisines.* Note de M. **P. Germain**, présentée par M. Mascart.

« A la suite d'une série de mesures électriques effectuées sur les rails au point de vue de leur *résistance*, de leur *isolement* et de leur pouvoir diffusif de l'électricité, je me suis convaincu que les deux parties métalliques d'une même voie reliées entre elles constituent un excellent conducteur. Il faut toutefois qu'elles fassent partie d'un circuit sans communication *terre* et que la pile dont il est fait usage soit bien isolée aussi de la *terre*. J'ai établi des courbes de *résistance* des rails suivant les variations occasionnées par la température et l'état d'humidité du ballast.

» Une voie neuve est moins résistante qu'une voie ancienne, à cause de l'oxydation des points de raccordement et d'une transformation lente qui s'accomplit dans les molécules d'acier sous l'influence des vibrations.

» Supposons un circuit électrique constitué entre deux stations de chemin de fer : 1° par un fil de fer suspendu sur les poteaux de la ligne, et 2° par les rails de la voie accouplés électriquement. Si l'on intercale une pile à l'une des stations, d'une part, et si, sur un train de voyageurs, engagé sur la même voie, on intercale un téléphone en un point quelconque du circuit formé par les deux roues d'arrière du wagon-vigie, la plaque de garde et la tige d'attelage de tous les wagons, le téléphone reproduira tous les signaux formés à la station fixe. Le train peut parcourir à une très grande vitesse l'intervalle compris entre deux stations; les signaux restent aussi distincts. Le téléphone se trouve intercalé *dans un circuit dérivé* se mouvant le long

des rails. Le potentiel dans le circuit principal et dans le circuit dérivé mobile est le même. L'intensité est en raison inverse des résistances respectives de chaque circuit. La transmission directe de la parole par deux récepteurs téléphoniques placés l'un sur le train, l'autre sur la station fixe, est très faible; mais, si l'on transforme la *quantité* électrique fournie par la pile en *tension* à l'aide d'une bobine d'induction et si l'on intercale un microphone à 12 charbons dans le circuit inducteur, alors la parole se reproduit avec une remarquable netteté. Par le simple artifice de la dérivation mobile, constituée par l'attelage métallique d'un train complet, on peut donc, à l'aide d'un fil conducteur placé au-dessous des fils directs des omnibus et des cloches des Compagnies de chemins de fer, faire correspondre téléphoniquement les gares avec les trains en marche.

» Pour que les trains en marche puissent, à leur tour, correspondre de la même façon, il suffit de mettre *en opposition* deux courants d'égale tension : l'un dans le *circuit dérivé mobile*, l'autre dans le circuit principal.

» Lorsque les deux courants sont respectivement émis sur les circuits, aucun mouvement électrique ne se produit. Le téléphone reste muet. Par des intermittences de courant, produites dans le *circuit dérivé mobile* du train, on actionne le téléphone.

» La même installation que celle des stations étant effectuée dans le wagon-vigie du train, on peut correspondre téléphoniquement dans les deux sens.

» Je n'entrerai pas ici dans les détails de cette application spéciale du téléphone aux trains en marche : le cadre de cette Note ne le comporte pas. Je me bornerai simplement à l'énoncé du problème résolu en l'accompagnant des chiffres accusés par la détermination de diverses *mesures* inédites. Dans la dérivation mobile, le téléphone ne commence à reproduire nettement la parole qu'à une tension de 450 volts; la quantité électrique varie de 2 à 3 milli-ampères.

» Ce résultat est obtenu à l'aide d'*une pile à Cofferdam* (adoptée par le Ministre de la Marine pour l'actionnement de lampes à incandescence à l'usage de l'escadre). 20 éléments en boîte, pesant ensemble 60^{kg}, ayant un rendement normal de $1^{volt},5$ et de 6 ampères par élément, suffisent pour chaque station et pour chaque train. »

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur quelques raies spectrales de l'or.* Note de M. **Eug. Demarçay.**

« Dans un Mémoire paru en extrait dans le *Bulletin de la Société chimique* (t. XLIX, p. 476), M. G. Krüss a entrepris une revision des raies spectrales de l'or. Comparant ses résultats à ceux de M. Lecoq de Boisbaudran et trouvant absentes plusieurs des raies de cet auteur, il attribue ces discordances à des traces de platine et de palladium dans l'or de ce dernier. M. de Boisbaudran m'ayant prié de voir si je ne retrouverais pas ses résultats, j'ai repris l'examen des quatre raies [1] indiquées comme absentes par M. Krüss. Les longueurs d'onde de ces raies sont :

523,0, 443,7, 433,8, 406,4.

» Pour la raie 523,0, il est aisé de s'assurer qu'elle n'est due ni au platine ni au palladium : toutes les raies, même les plus fortes, de ce dernier sont absentes. Elle n'appartient pas non plus au platine qui a dans le voisinage 522,8 environ une assez forte raie, parce que : 1° on la voit en l'absence complète des autres raies du platine ; 2° parce qu'on la voit avec une fente fine à côté de cette raie et plus vers le rouge quand on emploie un mélange des chlorures des deux métaux. C'est, du reste, une des fortes raies de l'or et elle se voit sans peine avec des solutions assez étendues, ce qui serait surprenant si elle était due à une impureté, qui ne saurait exister qu'en trace minime.

» Pour le contrôle des trois autres raies, j'ai employé la photographie, qui permet une grande certitude et des mesures plus exactes. La raie 443,7 coïncide à très peu près avec une raie faible du platine; mais elle n'est pas due, dans le cas de l'or, à du platine, car elle se voit en l'absence complète des raies les plus fortes de ce métal.

» Je n'ai pu retrouver par les procédés que j'ai employés (étincelle d'une bobine à gros fil et étincelle d'une bobine à fil fin condensée par une

(1) M. Krüss indique encore comme absentes quelques autres raies dont il ne sera pas question ici. Ces raies sont en effet les principales du spectre du *chlorure d'or*, comme on peut s'en assurer en les comparant à celles du chlorure d'or dans la flamme.

bouteille de Leyde) la raie 433,8 de M. Lecoq. Il n'y a d'ailleurs dans le voisinage aucune raie soit du platine, soit du palladium. La raie en question est sans doute particulière au procédé employé par ce savant.

» Enfin la raie 406,4, la plus forte d'ailleurs du spectre photographique de l'or entre λ500 et 340, coïncide, en effet, à peu près avec une faible raie du platine; mais, comme on la voit en l'absence complète des raies les plus fortes de ce métal, même de la plus forte de ce métal, λ411,81, il ne saurait y avoir de doutes à cet égard. On pourrait plutôt soupçonner la présence de l'or dans le platine en question. »

M. Lecoq de Boisbaudran présente les observations suivantes :

« Les expériences de M. Demarçay s'accordent avec les miennes pour montrer qu'aucune des raies de mon ancien dessin ([1]) du spectre de $AuCl^3$ ne saurait appartenir au platine, non plus qu'au palladium. Comment M. Krüss a-t-il pu attribuer à ces deux métaux étrangers les raies de l'or 443,7, 406,4 et surtout δ523,0, celle-ci étant des plus brillantes? Je ne me l'explique pas.

» Ma faible raie, 433,8 environ, manque cependant sur les photographies de M. Demarçay; il y a donc lieu de penser qu'elle n'appartient pas à l'or lui-même; mais elle n'est due ni au platine, ni au palladium, ni très probablement à aucun autre métal.

» Par l'emploi d'une bobine à long fil, la faible raie ne s'était autrefois montrée qu'avec le chlorure d'or; je viens de reprendre son examen et je la retrouve toujours avec $AuCl^3$ très concentrée, tandis que je ne réussis pas à la voir sûrement avec les solutions de HCl, $AzAgO^3$, ou $PtCl^4$. Dans le cas de l'acide chlorhydrique, les bandes primaires de l'air ([2]) sont assez développées et la faible raie cherchée, tombant sur une d'elles, pourrait échapper ainsi à l'observation ([3]). Le nitrate d'argent éteint les bandes de l'air et le chlorure platinique les affaiblit beaucoup.

» L'étincelle condensée (bouteille de Leyde), jaillissant entre deux pôles métalliques, donne une forte raie à 434,7; mais, si l'on met le fil sur cette raie et qu'on remplace l'un des pôles par une solution concentrée

---

([1]) *Spectres lumineux* (*Pl. XXVI*).

([2]) *Spectres lumineux* (*Pl. II*).

([3]) Je crois, toutefois, avoir aperçu un petit renforcement de la bande de l'air sur la position de la faible raie qui nous occupe.

de $AuCl^3$, après avoir enlevé la communication avec la bouteille de Leyde, on aperçoit la faible raie bien au delà du fil, vers le violet.

» Je n'oserais rien affirmer quant à l'origine de la raie 433,8, qui est faible et difficile à mesurer exactement, mais je crois qu'elle n'appartient pas à l'or lui-même et je ne serais pas surpris qu'elle provînt d'un des métalloïdes présents dans l'étincelle tirée sur la solution de $AuCl^3$, notre faible raie trouvant peut-être alors des conditions particulièrement favorables à son développement. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleur de combustion de la houille du nord de la France (bassin du Pas-de-Calais)* [1]. Note de M. **Scheurer-Kestner**, présentée par M. Friedel.

Bassin du Pas-de-Calais.

1. Houille grasse de Courrières.
2. Houille mi-grasse de Nœud. Fosse nº 1.
3. Houille grasse de Dourges I.
4. Houille grasse de Courcelles-lez-Lens.
5. Houille maigre de la fosse Douvrin (Lens).
6. Houille grasse de Dourges II.
7. Houille grasse de Dourges III.
8. Houille grasse de Lens. Fines.
9. Houille maigre de Meurchin.
10. Houille grasse de Béthune.
11. Houille maigre de Douvrin.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Carbone fixe......	76,32	79,75	78,60	76,27	87,34	78,29	75,74	72,25	86,63	69,39	86,48
Carbone votatil...	14,57	3,21	13,15	9,93	3,84	3,98	6,01	14,30	4,02	15,56	1,07
Carbone total.....	90,89	82,96	91,75	86,20	91,18	82,27	81,75	86,55	90,65	84,95	87,55
Hydrogène.......	4,07	3,42	3,13	3,93	3,96	4,98	5,41	3,83	3,76	6,35	3,77
Azote............	0,94	0,64	0,91	0,93	0,41	0,89	0,79	0,91	0,69	0,90	0,60
Oxygène.........	4,10	12,98	4,21	8,94	4,45	11,86	12,05	8,71	4,90	7,80	8,08
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Partie volatile.....	23,68	20,25	21,40	23,73	12,66	21,71	24,26	27,75	13,37	30,61	13,52
Nature du coke..	boursouflé.	aggloméré.	boursouflé.	boursouflé.	pulvérulent.	boursouflé.	boursouflé.	boursouflé.	pulvérulent.	boursouflé.	pulvérulent.

(1) Première et deuxième Partie (*Comptes rendus*, séances des 9 et 16 avril 1888).

Composition de la partie volatile.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Carbone	61,7	67,5	61,5	42,1	30,5	18,4	24,7	51,7	30,0	50,9	7,8
Hydrogène	17,3	15,7	14,7	16,5	31,6	23,0	22,3	13,7	28,0	20,5	28,0
Oxygène et azote	21,0	16,8	23,8	41,4	37,9	58,6	53,0	34,6	42,0	28,6	64,2
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Chaleur de combustion observée	8814	8790	8726	8647	8642	8634	8562	8446	8438	8360	8340

Chaleur de combustion calculée.

Addition de celle des éléments	8509	7694	8320	8104	8508	8091	8174	8103	8414	8704	8167
Selon la formule de Dulong	8274	7234	8170	7785	8337	7662	7754	7784	8237	8423	7876
Selon la formule de M. Cornut	8963	7773	8725	8941	8620	8218	8357	8544	8535	9184	8207

» Les Tableaux qui précèdent renferment, comme ceux de mes précédentes Notes, des anomalies au point de vue de la chaleur de combustion comparée à la composition de la houille. Ni la proportion d'hydrogène ni celle du carbone, encore moins celle de l'oxygène, qui semble cependant devoir abaisser la chaleur de combustion, ne paraissent avoir d'influence sur elle; il faut chercher ailleurs les causes des différences énormes qui caractérisent les houilles au point de vue calorifique. Dérivée de la cellulose dont la chaleur de combustion est très rapprochée de celle que donne le calcul, la houille, en se formant, a absorbé de la chaleur ou, ce qui est peut-être plus exact, les éléments qui se sont séparés de la cellulose s'en sont dégagés à l'état de corps formés avec dégagement de chaleur, chaleur qui est restée dans le résidu.

» Les houilles du bassin du nord de la France ont depuis 8340^{cal} jusqu'à 9257^{cal}; mais elles se trouvent généralement comprises entre 8400^{cal} et 8800^{cal}; elles sont donc un peu plus riches que les houilles de Saarbruck, qui ont entre 8215^{cal} et 8724^{cal}.

» Les houilles les plus calorifiques que j'aie eues entre les mains sont celles du Creuzot. M. Meunier-Dollfus et moi, nous leur avons trouvé entre 9456^{cal} et 9623^{cal} : ce sont les nombres les plus élevés tant pour les houilles maigres que pour les houilles grasses. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Recherches sur la fixation de l'azote par le sol et les végétaux* (1). Note de MM. **Arm. Gautier** et **R. Drouin**, présentée par M. Friedel.

« Les Communications que nous avons eu l'honneur de faire à l'Académie relativement au mécanisme de la fixation de l'azote par le sol nu ou ensemencé nous ont amenés à établir, même pour des sols artificiels, la réalité de ce phénomène important.

» Nous avons montré que, dans ces terres composées de matériaux calcinés ou lavés aux acides, cette fixation de l'azote se produit à la condition indispensable qu'elles aient reçu des matières organiques humiques ou qu'elles aient été ensemencées. Cela posé, nous en avons conclu que, si les terres arables naturelles assimilent de l'azote, comme tout le monde l'admet aujourd'hui, cette assimilation, qui n'est pas due à leurs éléments minéraux, ne peut être attribuée qu'à leurs matériaux organiques ou aux êtres vivants qu'elles contiennent.

» La composition de nos terres, qui est la moyenne des compositions des bonnes terres arables, et leur fertilité démontrée par nos expériences, nous permettaient de généraliser cette conclusion et de l'étendre aux sols naturels. D'ailleurs, la méthode de recherche que nous avons instituée était la seule qui permît, en faisant varier à volonté certains éléments, de dégager successivement les nombreuses inconnues auxquelles on se heurte simultanément lorsqu'on aborde le problème dont il s'agit dans un milieu aussi complexe et aussi difficile à définir qu'un sol naturel. Quant aux variables qu'apporte l'air, c'est encore en réalisant une atmosphère artificielle que nous aurions voulu les éliminer successivement.

» De cette longue série d'expériences et des dosages d'azote total, nitrique, ammoniacal et organique que nous avons faits dans chaque cas sur les matériaux de ces sols nus ou ensemencés et de leurs récoltes, nous tirerons les conclusions générales suivantes :

» 1° Le sol nu emprunte à l'atmosphère des quantités notables d'azote

(1) *Voir* même Volume, p. 754, 863, 944, 1098 et 1174. — *Remarque :* dans notre dernière Note (t. CVI, p. 1176, ligne 5) *au lieu de* B — Azote des sols *non* ensemencés, *lire* B — Azote des sols ensemencés.

à l'expresse condition qu'il contienne des matières organiques, telles que l'humus, qui sont l'intermédiaire indispensable de cet emprunt.

» 2° Les oxydes de fer accélèrent ce phénomène, mais ne sont pas absolument nécessaires. P. Thenard avait observé en 1859 qu'ils peuvent devenir, à 100°, des agents de nitrification; mais la production du nitre a complètement fait défaut dans nos expériences.

» 3° Quel que soit son état initial, l'azote ainsi soustrait à l'atmosphère se transforme en azote organique.

» 4° Le sol est le siège d'une constante déperdition d'azote ammoniacal que lui apportent le vent et les pluies, ou qui provient des fermentations bactériennes qui se passent dans son sein. On sait, d'ailleurs, d'après les expériences de M. Schlœsing, que, dans les sols arables, l'intervention du ferment nitrique entrave cette action en faisant disparaître la tension ammoniacale.

» 5° Dans la fixation de l'azote par le sol, la perméabilité, la division et le tassement des terres jouent un rôle considérable. Les sols tassés, rendus peu perméables par un léger excès de kaolin ou par le vernis des vases où ils étaient contenus, ont absorbé, dans nos essais, jusqu'à 13 fois moins d'azote que les mêmes sols physiquement perméables : d'où cette nécessité rigoureuse, reconnue de tout temps, de l'amendement et de l'ameublissement de la surface. L'exactitude et l'importance de cette remarque ont été récemment reconnues par M. Berthelot (voir *Comptes rendus*, t. CVI, p. 570).

» 6° Dans nos expériences, les quantités d'azote total assimilées en trois mois environ par les sols nus, sous l'influence des matières organiques, ont été, pour une même surface et un même temps, 10 fois aussi grandes que les quantités d'azote ammoniacal fixées par l'eau acidulée exposée à l'air des champs dans les expériences de M. Schlœsing (1). Il

---

(1) M. Schlœsing a trouvé 0gr,020 d'AzH^3 (soit 0gr,0165 d'Az) absorbés en vingt-quatre heures par mètre carré de liqueur acide exposée à l'air ambiant contenant 0gr,002 d'AzH^3 par 100 mètres cubes; ce qui, en soixante-dix-neuf jours, correspond à 1gr,303 d'Az par mètre carré. Nous avons, dans nos expériences portant sur nos sols nus, pourvus de matière organique, constaté la fixation de 13gr,125 d'Az pour la même surface et le même temps. On rappelle, d'ailleurs, que dans ces expériences, où il s'agissait de doser les quantités *totales* d'azote fixées par les terres, les eaux d'égouttures étaient recueillies et retournaient indéfiniment au sol. On s'explique ainsi que ces quantités totales soient supérieures à celles qu'enlève à la terre une récolte de lé-

est difficile d'admettre qu'en pleine campagne, où nous étions placés, le titre ammoniacal de l'atmosphère ait été 10 fois aussi grand que dans ces expériences. Il faut en conclure, en l'absence de traces dosables d'azote nitrique, que l'apport d'ammoniaque atmosphérique ne suffit pas à expliquer l'accumulation de l'azote dans nos sols. Il existe donc d'autres origines de l'azote assimilé (poussières organiques, azote libre, ...?, etc.).

» 7° L'intervention du végétal a doublé la quantité d'azote total fixé (sol et récolte) : indication directe de la part qui revient dans cette fixation au phénomène de la végétation.

» 8° Les végétaux phanérogames empruntent donc à l'air, indirectement par le sol où plongent leurs racines, directement par leurs organes foliacés, une partie de l'azote libre ou combiné qu'ils fixent dans leurs tissus.

» 9° Les organismes unicellulaires aérobies et particulièrement certaines algues universellement répandues à la surface des terres arables interviennent dans le phénomène de la fixation de l'azote sur le sol, même privé de toute autre végétation et exempt de toute matière organique.

» Les expériences que nous venons de résumer avaient été faites dans le but de savoir si la matière organique inerte et les composés qui contiennent du fer étaient nécessaires et suffisants pour permettre la fixation de l'azote par le sol, soit à l'état d'ammoniaque, soit à l'état d'azote organique. On a dit comment, en ne nous laissant guider que par les faits, nous sommes arrivés en partie seulement à vérifier nos premières hypothèses, et à expliquer le rôle fixateur de l'ammoniaque du sol que jouent à la surface des terres arables les algues monocellulaires. Ce rôle ne se confond du reste, ni avec celui que M. Berthelot attribue aux micro-organismes aérobies qui fixeraient dans le sol l'azote libre de l'atmosphère (rôle que nous ne pouvions vérifier dans nos expériences qui n'avaient pas été instituées à cet effet); ni avec celui des ferments nitriques qui n'existaient pas dans nos terres. Nous nous proposons de déterminer maintenant si, en dehors de toute influence électrique et de tout être vivant, certaines matières organiques ne deviennent pas aptes, sous l'influence des combinaisons du fer ou des agents analogues, à fixer l'azote libre de l'atmosphère. »

---

gumineuses ou de céréales, puisque dans le sol cultivé ordinaire une partie notable de l'azote fixé est entraînée par les eaux de la surface vers les profondeurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur la perséite.* Note de M. **Maquenne**, présentée par M. Dehérain.

« Découverte en 1884 par MM. Müntz et Marcano dans les feuilles et les fruits du *Laurus persea*, la perséite a été considérée par ces auteurs comme un isomère de la mannite $C^6H^{14}O^6$. On sait, depuis les travaux récents de Kiliani, que l'arabinose, envisagée jusqu'alors comme isomérique des glucoses, ne renferme en réalité que 5 atomes de carbone, et il est vraisemblable que plusieurs autres sucres, encore peu connus, sont dans le même cas que celui-ci : il devenait dès lors intéressant de vérifier l'isomérie annoncée par MM. Müntz et Marcano, et notamment de déterminer le poids moléculaire et la fonction chimique de la perséite, que l'analyse et les analogies sont impuissantes à établir avec certitude.

» Ce sont les premiers résultats de recherches effectuées dans ce sens, que j'ai l'honneur de communiquer aujourd'hui à l'Académie.

» La perséite utilisée dans ce travail a été extraite des noyaux de l'avocatier, par la méthode de MM. Müntz et Marcano, très légèrement modifiée; les noyaux eux-mêmes provenaient de fruits très mûrs et avaient subi un commencement d'altération pendant le transport : aussi ne m'ont-ils fourni que 15^{gr} environ de perséite par kilogramme, au lieu du rendement énorme de 60^{gr} à 80^{gr} qu'ont signalé les auteurs précédents. Ces noyaux contenaient en même temps une quantité considérable, 4 à 5 pour 100, d'un sucre réducteur, sans mélange sensible de saccharose; ce sucre fermente directement au contact de la levure, donne de l'acide saccharique à l'oxydation, s'unit à la phénylhydrazine en formant une azone identique à la phénylglucosazone de Fischer, enfin possède un pouvoir rotatoire lévogyre de — 20° environ [1].

» Le sucre réducteur qui accompagne la perséite dans les graines de l'avocatier est donc essentiellement constitué par du sucre interverti.

» Je n'ai rien à signaler de nouveau relativement aux propriétés physiques de la perséite ; à l'état de pureté ce corps fond à 188° (corrigé), par conséquent à la même température que son isomère la dulcite ; comme les autres mannites, il est sensiblement volatil.

---

[1] Ce nombre a été calculé d'après un dosage à la liqueur de Fehling, en admettant que ce sucre possède le même pouvoir réducteur que le glucose ordinaire.

» *Composition et poids moléculaire de la perséite.* — Un échantillon de perséite parfaitement pure, régénérée de son hexacétine, a donné à l'analyse les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^{14}O^6$.
Carbone	39,43	39,56
Hydrogène	7,49	7,69

» Une dissolution renfermant 4^{gr} de perséite pour 100^{gr} d'eau s'est congelée à $-0^\circ,43$; d'où, en appliquant la formule de M. Raoult, on déduit, pour le poids moléculaire de la perséite,

$$M = \frac{19,2 \times 4}{0,43} = 179.$$

» Ce nombre, extrêmement voisin de 182, qui exprime le poids moléculaire de la mannite, justifie complètement la formule $C^6H^{14}O^6$ admise par MM. Müntz et Marcano.

» *Éthers de la perséite. Perséite hexacétique* $C^6H^8O^6(C^2H^3O)^6$. — On obtient ce corps très aisément en chauffant la perséite, jusqu'à dissolution complète, avec cinq fois son poids d'anhydride acétique et un fragment de chlorure de zinc fondu, à la température d'ébullition du mélange ; après refroidissement, l'eau sépare une huile dense qui se prend bientôt en une masse cristalline ; ce produit est lavé soigneusement et recristallisé dans l'alcool ; il est alors très pur.

» La perséite hexacétique est une poudre cristalline blanche, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool ; ses dissolutions possèdent l'amertume que l'on connaît aux dérivés acétylés des sucres. Elle fond à 119° (corrigé), se volatilise à une température plus élevée et brûle à l'air sans laisser de résidu.

» L'analyse a donné les résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{18}H^{26}O^{12}$.
Carbone total	49,80	49,77
Carbone acétique	33,37	33,18
Hydrogène	6,06	5,99

» *Perséite hexabutyrique* $C^6H^8O^6(C^4H^7O)^6$. — On prépare ce corps en chauffant la perséite, à l'ébullition, avec un excès de chlorure de butyryle et quelques paillettes de zinc ; quand la réaction est terminée, l'eau précipite du mélange une huile épaisse que l'on purifie par des lavages à l'eau alcaline, alternant avec des dissolutions dans l'éther. Elle est difficile à

obtenir pure et retient toujours des traces de chlore, dues sans doute à la présence d'une petite quantité de butyrochlorhydrine mélangée au produit principal.

» La perséite hexabutyrique est un liquide visqueux, jaunâtre, d'odeur faiblement butyrique, insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool et l'éther; elle bout, dans le vide, vers 300°, en se décomposant peu à peu.

» On a trouvé, dans un produit préparé comme on vient de le dire et renfermant moins de 1 pour 100 de chlore :

	Trouvé.	Calculé pour $C^{30}H^{50}O^{12}$.
Carbone total	59,38	59,80
Carbone butyrique	48,78	47,84
Hydrogène	7,88	8,31

» Un autre échantillon, contenant 1,2 pour 100 de chlore, a donné 47,15 pour 100 de carbone butyrique.

» *Perséite hexanitrique* $C^6H^8O^6(AzO^2)^6$. — Ce corps s'obtient, comme les autres mannites nitrées, en versant de l'acide sulfurique dans une solution nitrique froide de perséite; le produit qui se précipite est lavé jusqu'à disparition de toute réaction acide et cristallisé dans l'alcool à 95° bouillant.

» La perséite hexanitrique cristallise en aiguilles fines et légères, ordinairement groupées autour d'un centre commun; insoluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, elle se ramollit vers 132° et fond nettement à 138° (corrigé); un peu au-dessus de cette température, elle commence à émettre des vapeurs nitreuses. Chauffée rapidement sur une lame de platine, elle fuse sans produire d'explosion, mais elle détone sous le choc du marteau, quoique moins vivement que la nitromannite ou la nitroinosite.

» L'analyse a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $C^6H^8Az^6O^{18}$.
Carbone	16,27	15,93
Hydrogène	2,04	1,77
Azote	18,35	18,58

» Tous les éthers qui viennent d'être décrits régénèrent la perséite par saponification; il est donc démontré que ce corps est un alcool hexatomique, par conséquent une véritable mannite isomère de la mannite de la manne et de la dulcite.

» Il reste à déterminer la structure moléculaire de ce corps, ou tout au

moins la nature de l'hexane d'où il dérive; j'espère pouvoir bientôt rendre compte à l'Académie de nouveaux résultats touchant ce point intéressant.

» En terminant j'adresserai à M. Lochert, du laboratoire de M. Friedel, mes plus sincères remerciements pour l'obligeance avec laquelle il a bien voulu me procurer les fruits d'avocatier, d'où j'ai extrait la matière première de ce travail. »

MINÉRALOGIE. — *Reproduction de la pharmacolite. Étude chimique et optique.* Note de M. **H. Dufet**, présentée par M. Des Cloizeaux.

« On peut facilement reproduire un arséniate de chaux à l'état cristallin. J'en ai obtenu de beaux cristaux par diffusion lente. Deux vases concentriques contenant, l'extérieur de l'azotate de chaux, l'intérieur de l'arséniate disodique, sont remplis d'eau; par suite de la diffusion, des groupes de cristaux se forment sur les bords du vase intérieur.

» Ces cristaux sont identiques avec les rares cristaux de pharmacolite qu'on a pu étudier jusqu'à présent. En voici les constantes :

Prisme clinorhombique de 117°26′.

Faces existantes........ g^1 (dominant), h^2, m, e^1, $a_5(32\bar{1})$

$b : h :: 1000 : 300,879$ $D = 853,600$ $d = 520,929$

Inclinaison de la hauteur sur la base.................... 83°24′

	Angles fondamentaux.
⋆ $h^2 m$........................	160° 10′
⋆ $e^1 g^1$........................	109° 25′
⋆ $h^2 a_5$ adj.....................	148° 37′

Ces mesures présentent une identité presque absolue avec celles d'Haidinger et de Schrauf.

» Quant à la composition chimique, l'analyse faite avec tous les soins désirables, sur des cristaux parfaitement purs, conduit à la formule $2CaO, HO, AsO^5 + 4HO$, au lieu de $2CaO, HO, AsO^5 + 5HO$ admise d'après les anciennes analyses de Klaproth et de Rammelsberg.

		Calculé.
CaO...........	26,63	25,92
AsO^5...........	52,65	53,25
HO.............	20,94	20,83
	100,22	

Cette analyse semble bien confirmée par le fait qu'il y a un complet isomorphisme entre les cristaux de pharmacolite, tant naturels qu'artificiels, et les cristaux de Brushite ($2CaO, HO, PhO^5 + 4HO$), mesurés par Moore.

» Les cristaux que j'ai obtenus étaient assez volumineux et assez nets pour se prêter à une étude optique complète. Voici les résultats auxquels je suis arrivé :

» Bissectrice aiguë *négative*, parallèle à g^1;

» Plan des axes faisant un angle de 29° avec la base p et de 67°30′ avec l'arête (mm). Dispersion *croisée* insensible suivant la bissectrice obtuse.

» Angle des axes, observé sur la bissectrice obtuse dans la naphtaline bromée d'indice 1,6582 pour les rayons jaunes,

$2N_{o\,Li}$	97° 6′
$2N_{o\,D}$	95° 0′
$2N_{o\,Tl}$	94°12′

d'où l'on tire, en admettant, ce qui est suffisamment exact, la même dispersion pour l'arséniate de chaux et la naphtaline bromée, et en se servant de l'indice moyen, déterminé comme on le verra plus loin,

$2V_{a\,Li}$	77° 5′
$2V_{a\,D}$	79°24′
$2V_{a\,Tl}$	80°18′

Ces mesures se rapportent à la température de 19° C. La variation de l'angle des axes avec la température est sensible; elle est, en effet, de — 10′ par degré C. pour 2V. Étant donnée la valeur assez considérable de l'angle des axes, cette variation très notable indique une variation relativement considérable dans les indices principaux.

» Ces indices ont pu être déterminés par la méthode de la réflexion totale, sur un beau cristal d'à peu près $\frac{1}{2}$ centimètre carré de surface. La face g^1 donnait immédiatement, comme indice ordinaire, l'indice maximum; on trouve ainsi, pour la raie D, à une température de 18° environ, 1,5937. Des plaques réglées pour l'angle des axes, ayant par conséquent une des sections principales parallèles à l'axe de rotation, donnent, pour la différence des indices *maximum* et *moyen*, 0,0046. Enfin l'angle des axes fournit, pour la différence des indices *maximum* et *minimum*, 0,0112; les mesures directes ont donné 0,0112 et 0,0110. On peut donc admettre, pour les trois indices principaux, les valeurs

$\alpha = n_g$	1,5937
$\beta = n_m$	1,5891
$\gamma = n_p$	1,5825

relatives à la raie D, qui conduisent, pour l'angle vrai des axes, à la valeur 79°30′, au lieu de 79°24′ calculé. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur un nouveau Poisson fossile du terrain houiller de Commentry (Allier).* Note de M. **Charles Brongniart**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Le savant Directeur général de la Société Commentry-Fourchambault, M. Fayol, a réuni une importante collection d'empreintes de Poissons recueillies dans les schistes houillers de Commentry et a bien voulu me les confier. On peut les rapporter à deux groupes : aux Ganoïdes, que M. E. Sauvage étudie et à un second groupe sur lequel nous désirons appeler spécialement l'attention.

» La faune ichthyologique de Commentry se compose, pour les Ganoïdes, de types tout particuliers. Une seule espèce avait été décrite par Egerton sous le nom d'*Amblypterus decorus*; or cette espèce, retrouvée par M. Fayol, est spéciale à Commentry. Toutes les autres espèces sont nouvelles et se rapportent aux genres *Amblypterus*, *Rhadinichthys*, et à un genre nouveau voisin des *Palæoniscus*.

» Le second groupe est représenté par des Poissons à squelette cartilagineux qui semble ossifié en certains points et offre des particularités qu'on ne retrouve chez aucun Poisson, vivant ou fossile. *Vingt-trois* exemplaires de cet animal m'ont été envoyés; quelques-uns sont dans un fort bon état de conservation.

» Le corps assez allongé, peu élevé, rappelle beaucoup par sa forme celui des Squales. Sa longueur varie entre $0^{m},45$ et 1^{m} environ, ce qui prouve que nous avons des Poissons à différents âges. Le contour du corps a laissé son empreinte et se détache en noir sur le fond plus clair du schiste. La peau était nue.

» Toutes les parties du squelette présentent une structure en mosaïque spéciale aux Poissons cartilagineux. La tête, à parois épaisses, n'est pas complètement ossifiée, et il est impossible de distinguer les pièces qui la composent. Elle est aplatie, large, courte, tronquée en avant, ressemblant à celle du *Ceratodus*. Sur l'un des échantillons on remarque quatre sillons qui représentent sans doute les arcs branchiaux, et qui portent à leur base des petits rayons qui ne sont autre chose que la charpente des branchies. Un long aiguillon, droit, terminé en pointe, fixé à la portion supérieure et postérieure du crâne, présente des sillons à sa portion basilaire et, de chaque côté, vers son extrémité, une rangée de crochets courts,

dirigés en bas. L'aiguillon du permien de Muse, désigné par M. Gaudry sous le nom de *Pleuracanthus Frossardi* et le *Pleuracanthus pulchellus* de Davies, provenant du Cannel-Coal de la Grande-Bretagne, ont dû appartenir à des types très voisins de notre Poisson. Les *Cestracion* ont deux nageoires dorsales dont le premier rayon est un gros aiguillon, courbe au lieu d'être droit; en outre, celui de la première dorsale, au lieu d'être inséré sur la tête comme chez notre fossile, est inséré très en arrière de la tête.

» Les mâchoires portent une rangée de petites dents ayant souvent plusieurs pointes sur la même base. Des dents semblables caractérisent les genres *Hybodus* et *Diplodus*, tandis que les *Cestracion* ont les dents en larges plaques à surface rugueuse et disposées en rangées obliques.

» La colonne vertébrale est à demi ossifiée. Les neurapophyses et les hémapophyses sont nettement distinctes. Ce fossile rappelle en cela les *Dipnoés*, les Holocéphales, les Sturioniens, ainsi que les *Caturus* parmi les Lépidostéides fossiles. Les arcs neuraux sont presque toujours bifurqués à leur extrémité.

» La queue se termine en pointe et la corde dorsale la divise en deux parties égales; mais les arcs neuraux bifurqués sont moitié plus courts que les arcs hémaux: ces derniers ne portent aucune espèce de rayons, tandis que les premiers offrent un interépineux surmonté d'un rayon de nageoire. Les hémapophyses équivalent en longueur aux neurapophyses surmontées de leurs interépineux.

» Notre poisson est un *Leptocerque*, puisque sa queue se termine en pointe; il est diphycerque si l'on ne considère que la queue recouverte de ses téguments; il offre une légère tendance à l'hétérocercie si l'on examine avec soin le squelette, bien qu'il présente une apparence opposée, la partie squelettique supérieure étant plus large que l'inférieure.

» Nous trouvons une nageoire *céphalique*, courte, dont le premier rayon est l'aiguillon barbelé. Presque immédiatement vient une longue nageoire dorsale qui s'étend jusqu'à la caudale. Cette dorsale est soutenue par des rayons de nageoire en rapport avec des interépineux reliés aux neurapophyses par des osselets surapophysaires, comme cela se remarque chez plusieurs Poissons fossiles (*Undina, Macropoma*, etc.)

» Il existe *deux* nageoires anales placées l'une derrière l'autre et qui ont l'apparence de véritables membres. Peu larges à leur base, elles s'élargissent vers leur milieu et se rétrécissent ensuite. Leur charpente squelettique est presque identique. Les hémapophyses qui les portent sont tronquées au lieu de se terminer en pointe. Les deux premières hémapophyses portent des interépineux très grêles qui sont en rapport chacun avec un

rayon de nageoire. Le troisième est plus gros, élargi à ses extrémités et porte inférieurement un osselet plus court, plus large. De celui-ci se détachent, en haut un rayon, et en bas deux osselets courts, dont le premier porte un osselet et un rayon de nageoire, et dont le second porte deux osselets et deux rayons de nageoire. Nous ne trouvons rien de comparable dans la nature fossile ou vivante.

» Les nageoires pectorales sont soutenues par une ceinture scapulaire formée d'une pièce ayant une branche scapulaire et une branche claviculaire; de l'angle formé par ces deux branches part extérieuremeut un axe articulé, dont chaque article porte sur le côté externe et sur le côté interne des rayons articulés. Une telle disposition ne se voit que chez les *Ceratodus*.

» Les nageoires ventrales sont portées par une ceinture pelvienne analogue à la ceinture scapulaire, et dont chaque moitié porte une série d'osselets cylindriques, égaux, placés bout à bout, formant un axe disposé en arc de cercle. Chacun de ces osselets soutient extérieurement des rayons à 2, 3, 4 articles et dont le dernier (de chaque moitié) porte, chez le mâle, un appendice long, à extrémité élargie et concave, analogue à l'appendice des organes génitaux mâles des Sélaciens et des Chimères.

» Goldfuss avait décrit en 1847, sous le nom d'*Orthacanthus Decheni*, une empreinte très incomplète du houiller de Ruppersdorf (Bohême) et qui appartenait au même genre que notre Poisson. Beyrich, en 1848, le fit rentrer dans le genre *Xenacanthus*. En 1854, Pictet, en parlant de ces empreintes médiocres, disait que l'ensemble des caractères de ce *Xenacanthus* forcerait probablement à en faire une famille à part. Cependant l'empreinte ne présentait aucun détail sur les parties conservées, et l'on ne connaissait ni la nageoire caudale, ni les anales.

» Notre Poisson offre certains caractères qu'on ne rencontre que chez les Sélaciens et les Holocéphales, d'autres spéciaux aux *Dipnoi*, d'autres qui ne se voient que chez les Ganoïdes.

» Nous proposons donc la création de l'ordre (nous pourrions presque dire la sous-classe) des PLEURACANTHIDES, groupe ancestral et synthétique des Squales, des Cestracions, des Raies, des Chimères, des Sturioniens, des *Ceratodus*, et nous désignerons notre fossile sous le nom de *Pleuracanthus* (1) *Gaudryi*, le dédiant à M. Albert Gaudry. »

---

(1) Le nom de *Pleuracanthus* d'Agassiz (créé en 1837) étant plus ancien que celui de *Xenacanthus* de Beyrich (créé en 1848), et les aiguillons de *Pleuracanthus* étant identiques à l'aiguillon de notre fossile, le nom de *Pleuracanthus* doit être préféré.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le spectre de la méthémoglobine acide.* Note de M. **Henri Bertin-Sans**, présentée par M. Friedel.

« On n'est pas encore définitivement fixé sur le nombre et la position des bandes d'absorption du spectre de la méthémoglobine acide. Pour certains auteurs, ce spectre est constitué par quatre bandes : une dans le rouge, entre C et D; deux entre D et E, et une quatrième dans le bleu, près de F. Pour d'autres, il est caractérisé seulement par trois bandes; pour d'autres, par deux, et pour d'autres, enfin, par une seule bande dans le rouge. La plupart des auteurs considèrent les deux bandes intermédiaires situées entre C et D que présente le spectre des solutions acides de méthémoglobine comme dues à de l'oxyhémoglobine contenue encore dans ces solutions.

» Je suis arrivé par l'étude de ce spectre à démontrer qu'il est réellement constitué par quatre bandes. En effet, quelle que soit la proportion de l'agent employé pour transformer l'oxyhémoglobine en méthémoglobine, quelle que soit la durée de l'action de cet agent, les deux bandes correspondant à celles de l'oxyhémoglobine sont toujours visibles; elles ne disparaissent que pour une dilution très grande ou une épaisseur très faible de la solution de méthémoglobine observée (la bande dans le rouge elle-même se distingue alors à peine); elles ne présentent pas le même aspect que celles de l'oxyhémoglobine, car la première, c'est-à-dire la plus rapprochée de D, est moins foncée que la seconde, et si l'on diminue graduellement l'épaisseur du liquide placé devant la fente du spectroscope, les deux bandes disparaissent presque simultanément. Dans les solutions d'oxyhémoglobine, au contraire, c'est la deuxième bande qui est la moins foncée, et c'est elle qui disparaît la première. Pour une épaisseur convenable, on peut apercevoir très nettement la première bande, alors que la seconde ne se distingue que très vaguement.

» De plus, si l'on ajoute un peu de ferricyanure de potassium, par exemple, à une solution d'hémoglobine oxycarbonée, cette solution présente bientôt un spectre absolument identique à celui de la méthémoglobine; les deux bandes intermédiaires, c'est-à-dire les deux bandes situées entre D et E, n'occupent plus, par suite, ici la place des bandes de l'hémoglobine oxycarbonée; on peut observer très nettement qu'elles se sont toutes deux déplacées du côté de D. Si, d'autre part, on traite la solution d'hémoglobine

oxycarbonée ainsi modifiée par de l'ammoniaque et du sulfure ammonique, on obtient de nouveau le spectre de l'hémoglobine oxycarbonée. Il est par suite évident que les deux bandes moyennes du spectre de la méthémoglobine ne peuvent être attribuées à un reste d'oxyhémoglobine; car, s'il en était ainsi, ces deux bandes devraient occuper, dans le cas que je viens d'indiquer, la place des bandes correspondantes de l'hémoglobine oxycarbonée.

» Je me réserve d'étudier d'une façon plus complète la transformation de l'hémoglobine oxycarbonée en méthémoglobine et les conséquences que l'on peut tirer de cette transformation aux points de vue de la nature et de la constitution de la méthémoglobine.

» Le spectre de la méthémoglobine acide doit donc être définitivement considéré comme constitué par quatre bandes; ces bandes ont leur milieu qui correspond à une longueur d'onde : la première de 633 millionièmes de millimètre; la deuxième de 580; la troisième de 538,5; la quatrième de 500 environ. Ces valeurs concordent sensiblement avec celles déjà données par Jæderholm. La première de ces bandes est assez foncée. La deuxième, très peu marquée, présente à peu près la même largeur que la première. La troisième, moins foncée que la première, mais plus marquée que la deuxième, est deux fois plus large que cette dernière; elle est moins nettement délimitée du côté du bleu que du côté du jaune. Enfin, la quatrième, plus foncée que les deux précédentes, est très estompée sur ses bords; elle est plus large que la troisième; elle n'est visible que pour une forte dilution de la solution.

» Ce spectre ressemble beaucoup à celui de l'hématine en solution dans l'alcool acidulé et surtout à celui de l'hématine en solution dans l'alcool acidulé par l'acide sulfurique. Il en diffère pourtant et par la position et par la teinte de ses bandes.

» Dans le spectre de l'hématine en solution dans l'alcool acidulé par l'acide sulfurique, la bande dans le rouge est plus rapprochée de D que celle de la méthémoglobine ; de plus, cette bande paraît moins foncée, parce que les plages voisines sont moins lumineuses ; il en est de même des autres bandes qui sont bien moins nettes, bien moins tranchées que celles de la méthémoglobine. Le spectre de l'hématine paraît en quelque sorte plus effacé, plus estompé ; il y a moins de contraste entre les parties obscures et les parties lumineuses.

» J'ai dressé à l'aide du spectrophotomètre les courbes des spectres de solutions très étendues ou moyennement concentrées de méthémoglobine

acide et de solutions également très étendues ou moyennement concentrées d'hématine dans l'alcool acidulé par l'acide sulfurique.

» La comparaison de ces courbes permet de se rendre facilement compte des différences que je viens de signaler.

» Pour tracer ces courbes, j'ai pris pour abscisses les longueurs d'onde et pour ordonnées les affaiblissements correspondants de l'intensité lumineuse. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Des variations de la quantité d'oxyhémoglobine et de l'activité de la réduction de cette substance dans la fièvre typhoïde.* Note de MM. **A. Hénocque** et **G. Baudouin**, présentée par M. Brown-Séquard.

« Ces recherches, qui comportent un ensemble de près de trois cents analyses hématoscopiques (oxyhémoglobine, activité de la réduction), avec notations du pouls, de la respiration, de la température, ont été faites chez onze malades, dont quatre observés par le Dr Hénocque, et sept dans le service de M. le professeur Sée à l'Hôtel-Dieu, par M. Baudouin, son interne.

» I. En général, dans la fièvre typhoïde, *la quantité d'oxyhémoglobine diminue* dès le huitième jour, et quelquefois dès le quatrième, tombe à 9, 8, 7 pour 100, s'y maintient pendant les périodes de début et d'état, puis remonte à 8, 9, 11 et 12 pour 100 dans la convalescence. Les différences d'un jour à l'autre sont de $\frac{1}{2}$ à 1 pour 100, exceptionnellement de 2 pour 100. On peut trouver le même chiffre pendant plusieurs jours consécutifs. Souvent les divers malades présentent des chiffres presque identiques dans les jours correspondants. Nous avons trouvé des quantités de 10, 11 pour 100, aux vingtième, vingt et unième, trente-huitième, quarante-quatrième jour, suivant la marche variable de la fièvre et des complications.

» II. *La durée de la réduction modifiée simultanément, mais en sens inverse, est d'autant plus longue qu'il y a moins d'oxyhémoglobine :* ses variations sont même plus accentuées que celles de cette dernière. Augmentée dès le début, elle reste longue jusqu'à la convalescence.

» III. Par suite, l'activité de réduction présente des courbes en rapport avec celle de l'oxyhémoglobine, mais à oscillations plus accentuées. Elle peut s'abaisser à 0,20, pour remonter à 0,50 et 0,55 (moitié de la nor-

male), dans la convalescence, et atteindre 0,70 et 0,80 au moment de la guérison.

» En général, la convalescence est annoncée par l'augmentation de la quantité d'oxyhémoglobine qui atteint 9 ou 10 pour 100, et de l'activité de réduction qui dépasse 0,50. Les améliorations surviennent brusquement, s'accentuent rapidement, à mesure que le malade se nourrit et se relève, mais il y a abaissement au moindre écart de régime, à la moindre reprise de la fièvre.

» Donc, dès le premier septenaire, la quantité d'oxyhémoglobine tombe à 9 pour 100, l'activité à 0,75; au deuxième et au troisième, l'oxyhémoglobine se maintient de 9 à 11 pour 100, l'activité au-dessus de 0,55; les augmentations s'accentuent aux cinquième et sixième septenaires, pour se rapprocher de la normale. L'amélioration, au lieu de se produire progressivement, peut être entravée par les complications ou rechutes.

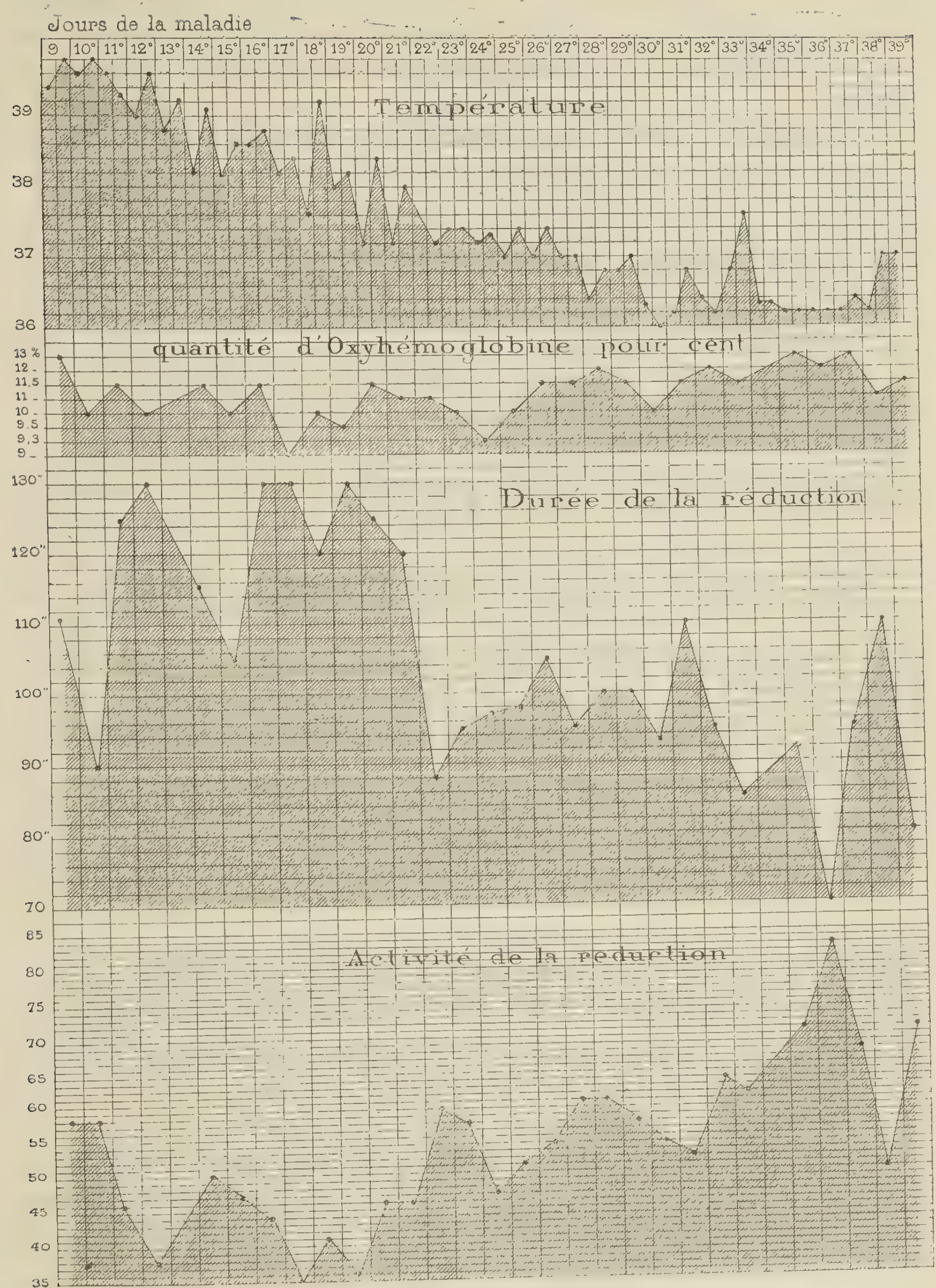
» En résumé, il y a abaissement de la quantité d'oxyhémoglobine qui se maintient longtemps, pendant la convalescence, à des chiffres inférieurs, de 9, 10, 11 pour 100.

» La durée de la réduction, augmentée surtout au début et dans les deux ou trois premiers septenaires, diminue dans la convalescence : elle est influencée davantage et plus rapidement par les complications.

» L'activité de la réduction, diminuée surtout au début et dans la période d'état (anémie et diminution des échanges gazeux), reste abaissée dans la période de réparation, tout en augmentant par suite de la persistance de l'anémie.

» IV. La fièvre typhoïde, au point de vue hématoscopique, est donc caractérisée : 1° par une anémie prononcée et persistante ; 2° par une diminution dans l'activité des échanges ; mais cette activité s'améliore avant la disparition de l'anémie. Les phénomènes hématoscopiques sont influencés par les diverses manifestations organiques de la maladie ; la diarrhée s'accompagne d'une diminution de la quantité d'oxyhémoglobine, mais bien plus encore et plus rapidement d'un abaissement de l'activité de la réduction lié à une durée plus longue des échanges entre le sang et les tissus.

» Les *manifestations pulmonaires*, quelle que soit leur intensité, diminuent l'activité de la réduction et surtout la quantité d'oxyhémoglobine, en imprimant à celle-ci des oscillations beaucoup plus considérables que celles dues aux complications intestinales. Les troubles de l'hématose



Galatry, 21 ans. — Hôtel-Dieu, salle Saint-Christophe, n° 33.

pulmonaire s'affirment plutôt par la diminution de l'oxyhémoglobine, à quelque phase de la maladie qu'apparaissent ces complications; dès que celles-ci s'amendent, la quantité d'oxyhémoglobine s'accroît brusquement.

» Les *épistaxis* ajoutent aux phénomènes généraux de la maladie la dépression due à la perte du sang, et celle-ci se démontre par une diminution simultanée de l'oxyhémoglobine et de l'activité des échanges. Les complications inflammatoires abaissent aussi les chiffres de l'oxyhémoglobine et de l'activité de réduction proportionnellement à leur intensité.

» Si l'on étudie comparativement les courbes qui représentent, d'une part la marche de la température, d'autre part les variations de la durée de la réduction mesurée au pouce, aussi bien que les notations de l'activité de la réduction déduite du rapport entre la quantité d'oxyhémoglobine et la durée de la réduction, on constate nettement ce fait général dans la fièvre typhoïde, qu'aux maxima de température correspondent les maxima de la durée de la réduction de l'oxyhémoglobine. Il y a donc un rapport constant et direct entre l'élévation de la température et la lenteur de la réduction. Par suite, l'activité de réduction ou énergie de consommation de l'oxygène du sang par les tissus est en proportion inverse de l'élévation de la température. *L'intensité de la fièvre amène donc une diminution simultanée de l'activité des oxydations.* Ces faits concordent avec les résultats obtenus par des méthodes toutes différentes, telles que l'appréciation de la quantité d'acide carbonique produit dans la fièvre typhoïde ou l'analyse comparative des déchets de la désintégration organique, étudiés dans les urines (Wertheim, Regnard, Albert Robin).

» V. *En résumé*, aux périodes des températures élevées correspondent les périodes de diminution de l'activité de réduction, ce qui s'observe principalement dans les premiers septenaires. A la défervescence de la température correspond une augmentation progressive de l'activité de réduction qui se rapproche de la normale; mais les rechutes, en ramenant l'élévation de la température, produisent immédiatement un ralentissement dans l'activité de la réduction ([1]). »

([1]) Toutes nos observations ont été résumées en Tableaux, représentant sous forme de courbes la température, la quantité d'oxyhémoglobine, la durée de la réduction, l'activité de la réduction. La planche ci-jointe est un spécimen de ces notations graphiques.

PHYSIOLOGIE. — *Dosage de solutions étendues de glucose par la fermentation.* Note de MM. GRÉHANT et QUINQUAUD, présentée par M. A. Milne-Edwards.

« L'étude que nous avons faite de la respiration de la levure à diverses températures [1] nous a permis de reconnaître la cause pour laquelle presque tous les essais de dosage du glucose par fermentation, faits jusqu'ici, ont été entachés d'erreur; en effet, le volume d'acide carbonique dégagé par la levure seule s'ajoute à celui que produit la fermentation et rend le dosage inexact, alors même que la fermentation aurait lieu dans le vide, car nos expériences multipliées démontrent que la levure en l'absence de l'oxygène fournit encore de l'acide carbonique. La levure de grains a été agitée d'abord pendant une demi-heure dans un flacon avec de l'eau distillée, puis filtrée sur une toile que l'on fixe à un récipient dans lequel on fait le vide avec une trompe (filtre de Gréhant).

» Voici les résultats fournis par deux séries d'expériences comparatives :

» 1° On a introduit dans un premier flacon 2^{gr} de levure, 25^{cc} d'eau distillée et 20^{cc} de mercure; dans un second flacon 2^{gr} de levure, 20^{cc} de mercure et 25^{cc} d'eau distillée contenant $0^{gr},05$ de glucose pur préparé avec le miel; les deux flacons qui renfermaient de l'air ont été placés sur la planche oscillante dans notre récipient traversé par un courant d'eau chauffée à 40°, l'agitation a duré deux heures. Le contenu de chaque flacon a été introduit dans deux récipients vides par deux pompes à mercure : l'extraction des gaz faite simultanément a donné $25^{cc},2$ et $15^{cc},2$ d'acide carbonique; la différence, $10^{cc},2$, correspond à la fermentation de $0^{gr},05$ de glucose.

» 2° Au lieu d'agiter la levure dans les flacons, nous avons trouvé plus simple d'introduire dans les deux récipients des pompes deux poids égaux de levure, 2^{gr} délayés dans 25^{cc} d'eau, d'extraire complètement les gaz de la levure et de l'eau, à 40°; dans l'un des récipients on a fait pénétrer en outre 10^{cc} d'une solution contenant $0^{gr},05$ de glucose et dans l'autre 10^{cc} d'eau distillée; les deux ballons ont été immergés dans le même bain d'eau à 40° et l'on a fait manœuvrer ensemble les deux pompes; au bout d'une heure on a extrait d'un côté $12^{cc},6$ d'acide carbonique, de l'autre 1^{cc} seulement; la différence, $11^{cc},6$, correspond à $0^{gr},05$ de glucose.

---

(1) *Comptes rendus*, février 1888.

» Cette seconde manière d'opérer est aussi exacte que la première et montre que la fermentation dans le vide se fait aussi bien que dans l'air.

» Bien que la formule $C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^4H^6O^2 + 4CO^2$ ne soit pas rigoureusement exacte, comme l'ont démontré les recherches de M. Pasteur, on peut admettre que $0^{gr},05$ de glucose pur doivent donner $12^{cc},35$ d'acide carbonique; or les nombres trouvés dans nos expériences, $10^{cc},2$ et $11^{cc},6$, se rapprochent beaucoup du chiffre théorique.

» Cette méthode de dosage du sucre par fermentation est très sûre et nous espérons qu'elle pourra rendre des services dans le dosage du glucose contenu dans les liquides de l'organisme ([1]). »

PHYSIOLOGIE. — *Sur les relations entre l'atomicité des éléments inorganiques et leur action biologique.* Note de M. **J. Blake**, présentée par M. Brown-Séquard.

« J'ai trouvé, en étudiant l'action biologique d'un grand nombre de composés inorganiques, lorsqu'on les injecte dans les veines ou dans les artères d'animaux vivants, quelques faits très intéressants, qui dépendent des propriétés moléculaires des substances employées.

» J'ai démontré, dans un Mémoire lu à l'Académie, il y a bien longtemps, que l'action biologique de ces substances inorganiques était déterminée par l'élément électropositif du sel employé. J'ai depuis démontré que l'action biologique de ces composés inorganiques se lie aux rapports isomorphiques des éléments; que toutes les substances formant un même groupe isomorphe ont la même action biologique, et que dans chaque groupe isomorphe l'intensité de l'action biologique est une fonction du poids atomique ([2]).

» Je me propose à présent d'appeler l'attention sur quelques relations intéressantes qui existent entre l'atomicité des éléments et les réactions qu'ils font naître dans la matière vivante. Mes expériences ont été faites avec des substances appartenant à des groupes d'éléments monoatomiques, biatomiques, triatomiques et tétratomiques.

» Parmi les éléments monoatomiques j'ai étudié l'action des sels de

---

([1]) Ce travail a été fait au Muséum d'Histoire naturelle, dans le laboratoire de Physiologie générale dirigé par M. le professeur Ch. Rouget.

([2]) *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 409.

lithium, de sodium, de rubidium, d'argent, de cœsium et de thallium; parmi les éléments biatomiques, l'action des sels de magnésie, de chrome, de manganèse, de fer, de cobalt, de nickel, de cuivre, de zinc et de cadmium, et aussi l'action des sels de chaux, de strontiane, de baryte et de plomb; parmi les éléments triatomiques, l'action des sels d'aluminium, des sels ferriques, des sels d'or, d'yttrium, de cérium (Ce^2O^3), de lanthane, d'erbium et de didyme, et parmi les éléments tétratomiques les sels de platine, de palladium, de cérium (CeO^2), de thorium, d'uranium et de titanium.

» Parmi les éléments ayant la même atomicité, il s'en trouve qui appartiennent à différents groupes isomorphes. L'action biologique de ces divers éléments n'est pas la même, à plusieurs égards, mais on trouve que l'atomicité d'un élément est toujours un facteur important quant à l'étendue de son action biologique, ou quant au nombre des organes sur lesquels son action se porte. Parmi les éléments dont les sels n'ont pas tous la même atomicité, c'est toujours le sel ayant l'atomicité la plus forte, dont l'action biologique est la plus étendue, fait que j'ai constaté en comparant l'action des sels thalleux et thalliques, ferreux et ferriques, cobalteux et cobaltique, céreux et cérique. C'est toujours le sel dont l'atomicité est la plus forte qui a l'action biologique la plus étendue. Les éléments monoatomiques, quand on les injecte dans les veines à doses physiologiques tuent par leur action sur les artères pulmonaires. Ils peuvent circuler dans le sang sans donner lieu à aucune réaction prononcée sur des centres nerveux. Même injectés dans l'artère carotide, de manière qu'ils arrivent aux centres nerveux dans un état de concentration considérable, ils ne troublent en rien les fonctions du cerveau, du bulbe, ni celles de la moelle épinière.

» Les éléments biatomiques se rangent en deux groupes isomorphes dont l'action biologique diffère sous bien des rapports, mais tous les éléments biatomiques se distinguent des éléments monoatomiques, en ce qu'ils causent des réactions biologiques plus étendues. Les sels du groupe magnésien et du groupe barytique tuent en paralysant le cœur, tandis que les sels du groupe magnésien agissent aussi sur le centre du vomissement, et les sels du groupe barytique sur les muscles volontaires, dont ils entretiennent l'irritabilité longtemps après la mort. Les éléments triatomiques ont une action biologique beaucoup plus généralisée. Les centres respiratoire, vasomoteur, inhibitoire et les ganglions cardiaques, sont tous plus ou moins affectés. De plus, presque tous ces éléments agissent sur les artères pulmonaires.

» Avec les éléments tétratomiques on trouve des actions sur les centres nerveux encore plus prononcées, surtout pour les centres respiratoire et vasomoteur. La sensibilité et les réflexes sont abolis, avant que la dose soit assez forte pour arrêter la respiration, et tous déterminent la contraction des artères pulmonaires après injection dans les veines.

» La Table suivante reproduit les faits que nous venons d'exposer :

» Éléments monoatomiques. — *Actions sur les artères pulmonaires.*

» Éléments biatomiques [1]. — *Actions sur les centres du vomissement et sur les muscles volontaires et cardiaques.*

» Éléments triatomiques. — *Actions sur les centres respiratoire, vasomoteur, inhibitoire, sur les ganglions cardiaques et les artères pulmonaires.*

» Éléments tétratomiques. — *Actions sur les centres respiratoire, vasomoteur, inhibitoire, sur le cerveau, la moelle épinière, les ganglions cardiaques et les artères pulmonaires.*

» Les faits que je viens de mentionner nous permettent d'établir encore un autre lien entre la constitution chimique des éléments, et leur action biologique. J'ai déjà démontré le rôle important de l'isomorphisme et du poids atomique dans les actions sur les tissus vivants, et l'on peut maintenant regarder l'atomicité comme un facteur important dans les actions des substances inorganiques sur ces tissus.

» C'est un fait remarquable que, depuis la découverte de la loi de périodicité [2], les chimistes se sont empressés de rechercher l'influence de la constitution chimique des éléments, sur leurs propriétés physiques, sans jamais s'occuper des rapports entre la constitution chimique et l'action biologique, rapports pourtant très tranchés et très faciles à déterminer, et qui pourraient leur fournir une importante assistance pour les recherches de Chimie moléculaire. »

---

[1] Le seul élément biatomique dont l'action se porte sur d'autres centres nerveux est le glucinium, élément qui, dans ses composés oxygénés, se trouve probablement sous une forme trivalente, fait sur lequel la Chimie reste encore indécise.

[2] Quand Newlands a publié la loi de périodicité, il a fait l'observation intéressante, que tous les éléments inorganiques qu'on trouve dans les corps organisés, ont des poids atomiques qui sont inférieurs à 40. On peut maintenant ajouter que tous les éléments électropositifs, qu'on trouve dans les corps organisés sont monoatomiques et biatomiques.

CHIRURGIE. — *Opération de la surdité otopiésique*. Note de M. **Boucheron**, présentée par M. Bouchard.

« Dans cette Note, nous désirons parler d'une opération, la *mobilisation de l'étrier,* pour les *graves ou anciennes surdités par compression labyrinthique* (*otopiésis*). Cette opération est applicable lorsque *l'étrier est immobilisé* dans une *position vicieuse d'enfoncement* vers le labyrinthe, et lorsque *cet étrier tend à s'ankyloser* dans la fenêtre ovale, en rendant *persistantes la compression labyrinthique* et *la surdité qui en résulte*.

» Beaucoup d'essais opératoires ont été tentés pour modifier les surdités graves, où les organes fondamentaux de l'oreille n'ont cependant pas encore été détruits; c'est-à-dire les cas où l'audition de la parole est encore possible à quelque distance.

» C'est ainsi que tour à tour ont été préconisées les opérations de la perforation du tympan (Eli, Cooper, Itard, etc.), la myrindectomie, la ténotomie du *tensor tympani* (Weber-Liel, Miot, etc.), la plicotomie (Politzer), la dislocation de la chaîne des osselets, l'extraction des osselets (Sexton) et de l'étrier (Kessel), la perforation de l'apophyse mastoïde (Wilde), etc.

» Mais les résultats ne se sont pas montrés assez constants pour que ces opérations deviennent d'un usage général, comme les opérations de la cataracte et du glaucome, qui, pour l'œil, répondent aux mêmes indications.

» L'opération que nous proposons ici, la *mobilisation de l'étrier,* nous a paru donner des effets thérapeutiques plus satisfaisants et plus fréquents que les opérations précédentes, si nous en jugeons d'après les *trente-cinq premiers cas que nous venons de pratiquer*.

» La théorie de l'opération repose sur des données nouvelles.

» Depuis 1880, nous avons plusieurs fois insisté sur le mécanisme de certaines surdités graves où la compression labyrinthique (*otopiésis*) est l'élément pathogénique principal, de même que la compression intra-oculaire est l'élément capital du glaucome de l'œil. Dans ces affections, il faut obtenir la décompression du labyrinthe et du nerf acoustique.

» Quand les moyens habituels de décompression ont été inutiles, il y a lieu de recourir à une opération qui supprime le mécanisme de la compression. Or, nous avons établi ailleurs, en concordance avec plusieurs auteurs, que, dans la grande majorité des cas, la compression labyrinthique est effectuée par la pénétration de l'étrier dans le labyrinthe, et par son immobilisation relative dans cette position vicieuse où il tend à s'ankyloser. Nous avons donc cherché à mobiliser l'étrier.

» Les *expériences* suivantes montrent que la *mobilisation de l'étrier est chirurgicalement possible, qu'elle produit bien la décompression du labyrinthe,* et *qu'elle rétablit la fonction auditive, proportionnellement à ce qui reste du nerf acoustique.*

» *Expérience I.* — Sur un homme de trente ans, privé de son *tympan,* du *marteau* et de l'*enclume,* avec surdité très grave (voix haute entendue seulement à 1^m, au lieu de 15^m; diapason faiblement entendu au contact des os; montre non entendue au contact des os), nous procédons à la mobilisation de l'étrier. Immédiatement, le malade entendit et *comprit la voix haute à* 6^m, la montre devint perceptible au contact, et le diapason entendu bien plus nettement et plus longuement. Cette audition persiste encore.

» Cette expérience et les suivantes prouvent aussi, une fois de plus, que le tympan et les osselets ne sont pas absolument nécessaires à l'audition, tout en servant d'organes de perfectionnement importants. *Ils doublent la portée de l'audition.*

» Dans l'expérience suivante est élucidée la valeur de la nouvelle opération, mobilisation de l'étrier, comparativement avec les anciennes opérations.

» *Expérience II.* — Sur une dame de vingt-huit ans, non chloroformée, atteinte de surdité grave et ancienne (voix haute comprise à environ 25^{cm} ou 30^{cm}), nous pratiquons successivement, dans la même séance, les opérations suivantes :

» 1° Perforation du tympan : aucune amélioration de l'ouïe; 2° myrindectomie : rien encore; 3° ténotomie du *tensor tympani :* rien encore; 4° dislocation de la chaîne des osselets : rien; 5° extraction des osselets, marteau et enclume : rien encore; 6° enfin, *nous mobilisons l'étrier, et instantanément l'ouïe s'améliore. La haute voix moyenne est entendue à* 5^m. Il y a aussi amélioration pour l'audition de la montre, du diapason, et, quelques jours plus tard, pour l'*audition des harmoniques* des instruments de bois, dont le timbre spécial a pu être reconnu dans une exécution orchestrale.

» *La manœuvre opératoire vraiment efficace et capitale, c'est donc la mobilisation de l'étrier, dans le sens de la décompression du labyrinthe.* Quand les manœuvres préparatoires suffisent à améliorer l'ouïe, c'est qu'elles ont produit la mobilisation de l'étrier, à bon ou mal escient, et que l'immobilisation de l'étrier n'était pas très résistante. On peut s'en tenir alors à la manœuvre qui donne l'audition.

» La décompression labyrinthique peut encore être produite par la *paracentèse de la fenêtre* ronde, avec évacuation d'une partie de la périlymphe; c'est l'analogue de la paracentèse de la cornée. L'*indication de ce procédé,* c'est l'*augmentation du liquide labyrinthique* par hypersécrétion (ces cas nous semblent assez rares), ou par rétention avec insuffisance relative de perméabilité des aqueducs.

» Nous reparlerons ultérieurement de ce procédé.

» *Rôle du tympan et des osselets.* — Les expériences et les opérations précitées ayant été faites sur l'homme, confirment que le labyrinthe, avec le nerf acoustique intact, avec la fenêtre ovale fermée par l'étrier mobile, et la fenêtre ronde munie de sa membrane, suffit à lui seul pour percevoir et *comprendre la parole à haute voix moyenne à* 6^m *ou* 8^m, *les harmoniques seuls de la parole* (*voix chuchotée à* 5^m *ou* 6^m). Les ondes sonores (sons fondamentaux et harmoniques de la parole) *se réfractent parfaitement à travers les parois labyrinthiques.*

» *Le tympan avec le marteau et l'enclume, organes de perfectionnement surajoutés au labyrinthe, doublent la portée de l'audition* (haute voix comprise à 12^m ou 15^m).

» Mais ils peuvent devenir nuisibles en maintenant une compression sur le labyrinthe, et alors on peut les enlever, comme la cataracte de l'œil.

» *Indications opératoires.* — La nomenclature des cas où l'opération est utile est encore provisoire : ce sont certaines surdités héréditaires, progressives, avec obstructions intermittentes des trompes d'Eustache, avec rétraction scléreuse des ligaments de l'étrier et des osselets. Un certain nombre de surdités avec vertige et bourdonnements (mal de Menière), certaines surdités infantiles conduisant à la mutité, certaines surdités progressives de la vieillesse, certaines paracousies de Willis, sont aussi améliorées par la décompression labyrinthique, à l'aide de la mobilisation de l'étrier.

» *Résultats.* — Dans nos trente-cinq faits, il n'y eut aucun accident, grâce à l'antisepsie; quelques otorrhées seulement, sans importance. La *corde du tympan* a même pu être épargnée le plus souvent; quand elle est *coupée,* il y a *suppression du goût dans la moitié correspondante de la langue, ce qui démontre l'influence de la corde du tympan sur la gustation.*

» En général, *l'audition est doublée ou triplée pour la portée et la compréhension de la haute voix moyenne.*

» Quand la surdité est *d'intensité et d'ancienneté moyennes,* il y a *amélioration importante dans les deux tiers des cas.*

» *Rechutes.* — Comme un certain nombre de ces maladies d'oreilles sont progressives, c'est-à-dire à rechutes successives, et que l'opération n'agit que sur l'effet ultime, il arrive que la cause reproduise des crises nouvelles, mais elles sont moins importantes qu'avant l'opération, le mécanisme d'aggravation étant supprimé. Aussi le traitement de la cause, arthritisme, syphilis, catarrhe arthritique, infectieux, *a frigore,* etc., doit-il être adjoint à l'opération.

» *Durée.* — Cette opération donne des effets thérapeutiques *immédiats,*

là où aucun traitement ni opération n'en donne; et, avantage précieux, elle est susceptible de retouches nombreuses, la mobilisation de l'étrier restant toujours possible. Ces décompressions répétées, s'il est nécessaire, retarderont toujours la destruction du nerf. Tant que le nerf existe, les résultats sont bons.

» *En somme*, cette opération est sans danger, plus puissante que les opérations antérieures. Elle est comparable à l'opération du glaucome, parce qu'elle décomprime le nerf sensoriel; elle est comparable aussi à l'opération de la cataracte, puisqu'elle enlève un appareil de perfectionnement devenu nuisible. »

MÉTROLOGIE. — *Sur le* bâtonnage, *ancienne manière de mesurer les tapisseries des Gobelins*. Note de M. **Gerspach**, présentée par M. Chevreul.

« Les tapissiers flamands appelés aux Gobelins par Colbert lors de la fondation de la Manufacture royale des meubles de la Couronne furent autorisés à conserver les usages de leur pays.... Dans les ateliers où l'on travaillait à la tâche, la coutume de mesurer les tapisseries à la manière flamande fut maintenue jusqu'à la Révolution. Cette manière s'appelait le *bâtonnage*, l'unité qui servait à mesurer les tissus de Flandres étant le *bâton*.

» Mais si l'Administration tolérait sans inconvénients dans l'intérieur des ateliers l'usage d'une mesure étrangère, il ne pouvait en être de même pour la comptabilité officielle et dans les transactions avec les particuliers autorisés à acheter des tapisseries. On imagina un système mixte, très particulier, qui fut le *bâton* de Flandres combiné avec l'aune française.

» Les recherches que j'ai faites dans les archives et les calculs auxquels je me suis livré me permettent de donner sur le *bâtonnage* des renseignements inédits qui pourront être de quelque utilité aux érudits et aux amateurs.

» L'aune de Flandres contenait en carré 658 pouces 4 lignes. L'aune de France contenait en carré 1936 pouces.

» On commença par admettre que l'aune de France serait regardée comme trois fois plus grande que l'aune de Flandres. Ce fut une affaire de convention; car le calcul n'est pas juste : en effet, 658 pouces 4 lignes $\times$ 3 donnent 1974 pouces, c'est-à-dire 38 pouces de plus que l'aune de France.

» L'aune de Flandres était divisée en demi-aune et quart d'aune ou *bâton;* le *bâton* se divisait lui-même en huitièmes et seizièmes de *bâton*. Au carré, l'aune de Flandres avait donc 16 bâtons carrés.

» On s'empara de ce nombre 16 comme diviseur commun des aunes des deux pays et, renonçant aux divisions légales françaises en pieds, pouces, lignes et points, on coupa l'aune de France en 16 parties égales nommées *seizes* ou *bâtons* de France; le *bâton* fut à son tour divisé en seizièmes appelés *seizes de seizes*. Au carré, l'aune de France avait donc 16 seizes ou *bâtons* carrés de France ou 48 *bâtons* carrés de Flandres, les mesures de ce pays étant tenues comme trois fois plus petites que les nôtres.

» Je prends maintenant un exemple dans la pratique. La tapisserie le *Cheval-Isabelle* de la tenture des Indes, d'après Desportes, a été payée aux tapissiers sur le pied de 682 bâtons carrés de Flandres 8 seizièmes de bâtons. Lorsque cet ouvrage a été porté à l'inventaire de la Manufacture, on a converti les *bâtons* de Flandres en mesures de France selon la méthode indiquée plus haut et l'on a marqué les dimensions dans la forme suivante :

$$14^{a}\,3^{s}\,8^{s}.$$

» Ce qui veut dire que le *Cheval-Isabelle* avait en carré :

» 14 aunes de France;

» 3 seizièmes d'aune ou bâton de France;

» 8 seizièmes de seizième.

» Le prix du bâton carré de Flandres payé aux tapissiers variait selon les modèles et, dans chaque modèle, selon la difficulté de l'ouvrage; il a été plusieurs fois modifié sur les réclamations des ouvriers, qui le trouvaient trop peu rémunérateur.

» En 1748, les têtes étaient, en haute lisse, payées de 9 à 12 livres le bâton, et les bordures de 2 livres 10 sols à 3 livres 10 sols. En basse lisse, les têtes valaient 5 livres et les bordures 1 livre 18 sols. Trente ans après, les têtes sont, en haute lisse, payées jusqu'à 30 livres et, en basse lisse, jusqu'à 20 livres; le travail devenait de plus en plus compliqué et l'on dut établir jusqu'à sept ordres d'ouvrages, du plus difficile au plus aisé; la complication fut telle que le bâton pouvait être payé de cent trente-neuf manières différentes.

» Le 1er janvier 1791, le *bâtonnage* fut supprimé et les ouvriers furent payés à la journée, selon leurs capacités. »

M. **Jacques Léotard** adresse l'observation qu'il a faite de la comète Sawerthal, le 6 avril, à l'observatoire de la Société scientifique Flammarion de Marseille. (Extrait.)

« A $3^h 40^m$ du matin, je l'apercus distinctement à l'œil nu, en plein ciel oriental, à une assez grande hauteur au-dessus de l'horizon. Elle était dans la constellation du Verseau à 10° environ au sud-est de ε Pégase et à 3° environ à l'est de α Verseau, par environ 1° de déclinaison australe et $22^h 8^m$ d'ascension droite. Son éclat paraissait supérieur à la 6e grandeur.

» Je l'observais à l'aide de notre lunette de 108^{mm} d'objectif. Avec le grossissement de trente fois, le noyau était net; mais avec celui de cent fois, il se montrait diffus sur les bords et entouré d'une légère chevelure.

» Une magnifique queue d'environ 50′ de longueur, à bords rectilignes, s'épanouissait à la suite du noyau et se fondait dans le ciel à son extrémité. Cette queue, dirigée à l'opposé du Soleil, formait un angle de moins de 45° avec la ligne unissant le noyau de la comète à l'étoile α Verseau. »

M. **A. Delval** adresse une Note sur un moyen qu'il croit avoir trouvé de mettre en défaut le postulatum de Clausius (la chaleur ne peut passer d'elle-même d'un corps plus froid sur un corps plus chaud).

M. **Raoul Guérin** adresse à l'Académie deux exemplaires de ses piles « inversables et transportables » au sel ammoniac.

M. le duc **de Feltre** fait connaître des expériences qu'il a réalisées avec un téléphone relié à un microphone et qui lui paraissent fournir un procédé pour déterminer la direction dans laquelle un son a été émis.

M. **E. Delaurier** adresse un Mémoire portant pour titre : « Indication d'un mode de traitement pour guérir les maladies des voies respiratoires et du poumon, trouvé par l'observation ».

M. **Ripault** adresse une Note intitulée : « Étude sur la force ».

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures et demie. J. B.